S. 731

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES

DE LIÉGE.

S. 731.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES

DE LIÉGE.

Nec temere nec timide.

8

TOME HUITIÈME.

LIÉGE,

CHEZ H. DESSAIN, IMPRIMEUR.

BRUXELLES,
CHEZ C. MUQUARDT.
LEIPZIG, MÊME MAISON.

PARIS,
CHEZ RORET, LIBre.
RUE HAUTEFEUILLE, 10 *bis*.

1855.

LISTE DES MEMBRES

DE LA

SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES DE LIÉGE.

Membres du Bureau pour l'année 1853.

Président,	MM. Meyer A.,	Professeur à l'Université.
Vice-Président,	Chandelon J. T. P.	id.
Secrétaire-général,	Lacordaire Th.	id.
Trésorier,	Spring A.	id.

Membres effectifs.

MM.

1835. Gloesener J. M., Professeur à l'Université de Liége.
Delvaux. id. id.
Dumont A. id. id.
Lesoinne A. id. id.
Brasseur J. B. id. id.
Frédérix, Colonel du génie, Directeur de la Fonderie de canons à Liége.
1842. Noel J. B., Professeur à l'Université de Liége.
De Konninck L. id. id.
De Sélys-Longchamps, Edm., propriétaire à Liége.
Martinowsky J., Professeur agrégé à l'Université de Liége.
Trasenster, Professeur à l'Université de Liége.
Laguesse, Ingénieur des mines à Liége.
1843. Coquilhat, Major d'artillerie, sous-directeur de la Fonderie de canons à Liége.
1844. Schmidt, Répétiteur à l'Ecole des Arts et Manufactures et des Mines de Liége.

1844. Kupferschlæger, Répétiteur de chimie à l'Université de Liége.
Bidaut, Ingénieur des mines, à Liége.
1845. Delvaux Ad., Ingénieur honoraire des mines, à Liége.
De Chesnes, Inspecteur des Eaux-et-Forêts, à Liége.
Leclercq, Directeur de l'Ecole industrielle, à Liége.
1847. De Cuyper A. C., Professeur à l'Université de Liége.
Schwann Th. id. id.
1855. Bède Em., Agrégé id. id.

Membres correspondants.

MM.

1835. Pagani, Professeur à l'Université de Louvain.
De Vaux A., Inspecteur-général des Mines, à Bruxelles.
Omalius d'Halloy (d'), Sénateur, propriétaire à Halloy.
Dumortier, Membre de la Chambre des représentants, à Tournai.
Quetelet, Directeur de l'Observatoire royal, Secrétaire perpétuel de l'Académie de Belgique, à Bruxelles.
Timmermans, Professeur à l'Université de Gand.
Teichmann, Gouverneur de la province d'Anvers.
1842. Van Beneden, Professeur à l'Université de Louvain.
1843. Decaisnes, Professeur au Muséum d'histoire naturelle, à Paris.
J. Liebig, Professeur à l'Université de Munich.
Graham, Professeur à l'Université de Londres.
Pelouze, Membre de l'Académie des Sciences, à Paris.
Stas, Professeur à l'Ecole militaire, à Bruxelles.
Mitscherlich, Professeur à l'Université de Berlin.
Nyst, Contrôleur des matières d'or et d'argent, à Anvers.
Verneuil (De), Membre de la Société géologique de France, à Paris.
Kaiserling (comte de), à St.-Pétersbourg.
Martius Ph. (von), Professeur à l'Université de Munich, Directeur du Jardin botanique.
Kicks, Professeur à l'Université de Gand.
Mohl Hugo, Professeur à l'Université de Tubigen.
Gervais, Professeur à l'Ecole de médecine de Montpellier.
Sundewall C., Directeur du Muséum d'histoire naturelle de Stockholm.
Putzeys J., Directeur au Ministère de la justice, à Bruxelles.
Reichert, Professeur à l'Université de Heidelberg.
Valentin, Professeur à l'Université de Berne.
Wagner Rud., Professeur à l'Université de Gœttingen.
Steichen, Professeur à l'Ecole militaire, à Bruxelles.

1843. Pioche, Professeur à l'Ecole militaire de Bruxelles.
Lamarle, Professeur à l'Université de Gand.
Bréguet, mécanicien à Paris.
Masson, Professeur de Physiologie à la Sorbonne, à Paris.
Simonoff, Directeur de l'Observatoire de Casan.
Tchefkine, Général, aide-de-camp de S. M. l'Empereur de Russie.
Berthier, Professeur à l'Ecole des mines, à Paris.
Combes, Ingénieur en chef des mines, à Paris.
Simonis, Professeur agrégé à l'Université de Gand.
Seiler, Docteur en médecine à Wiltz (Luxembourg).

1844. Galeotti, Membre de l'Académie de Belgique, à Bruxelles.
Lecointe, Professeur à l'Athénée royal d'Arlon.
Malherbe, Juge au Tribunal de première instance, à Metz.
Carez, Ingénieur des ponts-et-chaussées, à Bruxelles.

1845. Van Rees, Professeur à l'Université d'Utrecht.
Maus, Ingénieur des ponts-et-chaussées, en mission en Piémont.
Navez, Capitaine d'artillerie, à Bruxelles.
Michiels, Capitaine d'artillerie, à Gand.
Du Bus B., Direct. du Muséum d'histoire naturelle, à Bruxelles.
Hagen, Docteur en médecine, à Kœnigsberg.
Olivier, Professeur à l'Ecole centrale, à Paris.
Chasles, Membre de l'Académie des sciences, à Paris.
Ambrosi, Répétiteur à l'Ecole militaire, à Bruxelles.
Perdonnet, Ingénieur civil, à Paris.
Corda, Botaniste, à Prague.

1846. De Vriese J. H., Professeur à l'Université de Leyde.
Klotsch J. G., Conservateur des herbiers royaux, à Schœnfeld, près Berlin.

1847. Bosquet, Pharmacien à Maestricht.

1848. Klipstein (von), Professeur à l'Université de Giesen.

1849. Michaelis, Professeur à l'Athénée de Luxembourg.

1851. Baumgartner, Président de l'Académie impér. des sciences de Vienne.
Schroeter, Secrétaire, id.
Jacobi, Membre de l'Académie des sciences de St.-Pétersbourg.
De La Bèche H., Directeur du Musée de Géologie pratique, à Londres.
Ansted, Professeur de Géologie à Londres.
Schroeder van der Kolk, Professeur à l'Université d'Utrecht.
Schlegel, Conservateur du Muséum d'hist. naturelle, à Leyde.

1852. Le Conte J. L., Docteur en médecine, à Philadelphie.

1852. Poncelet, Général du génie, ancien Directeur de l'Ecole polytechnique, à Paris.
Vrolik, Professeur d'anatomie à l'Athénée d'Amsterdam.
Lyell Ch., Membre de la Société géologique de Londres.
Davidson, id.
Steinheil, Directeur des Télégraphes électriques, à Vienne.
Ettingshausen (von), Professeur à l'Université de Vienne.
Lamont, Directeur de l'Observatoire royal de Munich.
Dana, Membre de l'Académie des sciences naturelles, à Philadelphie.
Grant, Professeur à l'Université de Londres.
Ettingshausen Const. (von) à Vienne.
Pohl, Répétiteur de chimie à l'Institut polytechnique de Vienne.
1853. Westwood J. O., Membre des Sociétés Linnéenne et Entomologique de Londres, à Hammerschmidt, près Londres.
Waterhouse, Conservateur au Muséum britannique, à Londres.
Parry, Membre de la Société entomologique, à Londres.
Forbes Edw., Président de la Société géologique de Londres.

I. — *Recherches sur la Composition de la Poudre à tirer,*

PAR J.-T.-P. CHANDELON,

PROFESSEUR DE CHIMIE A L'UNIVERSITÉ ET A L'ÉCOLE DE PYROTECHNIE DE LIÉGE.

On a fait à différentes époques et dans presque tous les pays de nombreuses expériences pour parvenir à fabriquer la poudre de la meilleure qualité possible, et cependant les hommes les plus compétents sont encore partagés sur les moyens à employer pour obtenir ce résultat. C'est en effet un problème dont jamais on n'obtiendra la solution si l'on n'apprécie séparément l'influence des différentes causes qui concourent à produire les effets de la poudre. La puissance de la poudre résulte du volume des gaz qu'elle dégage et de la rapidité avec laquelle ce dégagement a lieu; à son tour le volume des gaz dépend de la qualité et des proportions des trois matières constitutives; enfin la rapidité du dégagement dépend de la qualité et des porportions des ingrédients et en outre de la forme, de la grosseur et de la pesanteur spécifique des grains. Jusqu'à présent, partant de l'idée que les propriétés physiques de la poudre exercent sur sa puissance balistique une influence prépondérante (1) et que la nature du charbon et le dosage des matières n'y jouent qu'un rôle secondaire (2), on ne s'est guère occupé que de l'étude des modifications que la forme, la grosseur et la densité des grains pouvaient apporter dans les effets de la poudre : aussi voit-on que les proportions des trois éléments qui entrent dans sa composition, n'importe à quel usage elle soit destinée, varient dans presque tous les pays, ainsi que le prouvent les tableaux suivants :

(1) « *on remarquera que cette dernière partie* (partie mécanique), *a une « influence prépondérante;* » Moritz-Meyer, Traité de pyrotechnie, traduit par J.-B.-C.-F. Neuens, § 249.

(2) « *La nature du charbon et le dosage ne paraissent pas avoir une grande « influence sur les effets balistiques des poudres de guerre;* » — Mémoires sur les poudres de guerre, par G. Piobert. Paris, 1844, page 95.

POUDRES DE GUERRE.

N° 1.

PAYS.	SUR 100 PARTIES DE POUDRE.			SUR 100 PARTIES DE SALPÊTRE.		AUTEURS.
	Salpêtre.	Charbon.	Soufre.	Charbon.	Soufre.	
Amérique (Etats-Unis) . .	75,00	12,50	12,50	16,66	16,66	de Bruyn.
Angleterre. Poudre de guerre pour le Gouvernement	75,00	15,00	10,00	20,00	13,30	Griffiths.
Angleterre. Dartfort	79,70	12,48	7,82	15,70	9,80	de Bruyn (1834).
Angleterre. Dartfort	75,00	17,00	8,00	22,53	16,66	Aide mém. franç.
Angleterre. Tumbridge	76,00	14,50	9,50	19,08	12,50	id.
Angleterre. Hounslow.	78,00	14,00	8,00	17,94	10,26	id.
Angleterre. Waltham-abbey. . .	76,16	13,70	10,14	18,00	13,30	Ure.
Angleterre. Dosage anglais . .	75,00	15,00	10,00	20,00	13,30	Aide mém. franç.
Angleterre. Poud. à mousq. et à can.	75,50	13,20	11,30	17,50	15,00	Meyer.
Autriche. Belgique. Infanterie et artillerie.	75,00	indéterminé.	indéterminé.	»	»	Timmerhans.
Autriche. Belgique. Infanterie et artillerie.	75,00	12,50	12,50	16,66	16,66	
Autriche. Belgique. Carabine à tige. . .	78,00	12,00	10,00	15,38	12,82	
Chine	61,50	23,00	15,50	37,40	25,20	Prechtl.
Chine	75,70	14,40	9,90	19,02	13,08	Napier.
Espagne	76,47	10,78	12,75	14,09	16,67	Pelouze.
France	75,00	12,50	12,50	16,66	16,66	Aide mém. franç.
Hanovre	71,20	10,90	17,90	15,20	25,30	Meyer.
Hesse-Cassel	73,30	13,35	13,35	18,20	18,20	id.
Hesse-Darmstad. Artillerie .	74,20	10,70	15,10	14,40	20,40	id.
Hesse-Darmstad. Infanterie .	73,70	10,70	15,60	14,50	21,20	id.
Hollande. Anc. dosage.	70,00	16,00	14,00	22,86	20,00	id.
Hollande.	75,00	indéterminé	indéterminé.	»	»	Timmerhans.
Hollande.	75,00	12,50	12,50	16,66	16,66	de Bruyn.
Milan	76,10	11,95	11,95	15,70	15,70	Meyer.
Prusse.	75,00	13,50	11,50	18,00	16,66	Aide mém. franç.
Russie. artillerie .	70,60	17,60	11,80	25,00	16,60	Meyer.
Russie.	75,00	15,00	10,00	20,00	13,33	Timmerhans.
Suède.	75,00	16,00	9,00	21,33	12,00	Aide mém. franç.
Suède.	76,00	15,00	9,00	19,73	11,84	Berzélius.
Wurtemberg. Artillerie .	75,00	12,00	13,00	16,00	17,20	de Bruyn.
Wurtemberg. Infanterie .	74,60	10,70	14,70	14,30	19,80	id.
Suisse (poudre ronde) . .	76,00	14,00	10,00	18,42	13,16	Pelouze.

POUDRES DE CHASSE.

N° 2.

PAYS.	SUR 100 PARTIES DE POUDRE.			SUR 100 PARTIES DE SALPÊTRE.		AUTEURS.
	Salpêtre.	Charbon.	Soufre.	Charbon.	Soufre.	
Berlin	75,00	12,50	12,50	16,66	16,66	de Bruyn.
Berne	76,00	14,00	10,00	18,42	13,16	id.
France. Fabriquée aux pilons.	78,00	12,00	10,00	15,38	12,82	Aide mém. franç.
France. Angoulême et Bouchet.	77,00	13,50	9,50	17,50	12,50	id.
France. Esquerdes	76,00	14,00	10,00	18,42	13,16	id.
France. Essonne (anc. poud. ronde).	74,00	16,00	10,00	21,62	13,51	id.
Russie, ...	80,00	12,00	8,00	15,00	10,00	de Bruyn.
Saxe	76,60	12,80	10,60	16,70	13,83	id.

POUDRES DE MINE.

N° 3.

PAYS.	SUR 100 PARTIES DE POUDRE.			SUR 100 PARTIES DE SALPÊTRE.		AUTEURS.
	Salpêtre.	Charbon.	Soufre.	Charbon.	Soufre.	
Autriche.	62,50	19,40	18,10	31,00	29,00	de Bruyn.
Belgique. Wetteren . .	70,00	14,00	16,00	20,00	22,86	
Belgique. Ombret. . .	73,50	12,50	14,00	17,00	19,05	
France	62,00	18,00	20,00	29,03	32,25	Pelouze.
Russie	66,66	16,66	16,66	25,00	25,00	de Bruyn.

POUDRE DE TRAITE.

N° 4.

PAYS.	SUR 100 PARTIES DE POUDRE.			SUR 100 PARTIES DE SALPÊTRE.		AUTEURS.
	Salpêtre.	Charbon.	Soufre.	Charbon.	Soufre.	
France	62,00	20,00	18,00	32,25	29,03	Aide mém. franç.

N'est-ce pas à cette manière d'envisager la question qu'il faut attribuer le peu de succès de tant d'expériences? Chose étrange! on perd de vue l'influence que la nature et les proportions des trois principes constitutifs exercent sur la quantité de gaz et de chaleur produite par la combustion de la poudre, et l'on sait que la qualité du charbon varie suivant la température et le mode de préparation; qu'ainsi une chaleur forte donne un charbon noir contenant 90 % de carbone et 7 à 8 de principes hydrogénés; qu'à une température au-dessous du rouge on obtient un *charbon roux* renfermant de 28 à 30 % d'oxygène et d'hydrogène et de 70 à 72 de carbone; qu'enfin 100 parties de bois carbonisé en fosse ou en chaudière, produisent de 17 à 20 % de charbon, alors que, par la distillation, l'on peut en obtenir de 30 à 40 %. On ne peut donc considérer comme devant produire le même effet balistique, deux poudres qui, bien que renfermant les trois ingrédients dans des proportions numériquement les mêmes, contiennent des charbons préparés à des températures et par des procédés différents : car ces charbons diversement composés détermineront des réactions chimiques différentes. Il est bien vrai que l'hydrogène *libre* (1), qui se trouve dans les charbons roux, se comportera, comme le carbone, vis-à-vis du salpêtre, c'est-à-dire, qu'il lui enlèvera de son oxygène; mais il est établi (2) à cet égard, qu'une partie en poids d'hydrogène équivaut à trois parties de carbone; que les quantités de vapeur et de gaz que développent les combustions de l'hydrogène et du carbone sont :: 2 : 1 (3); qu'enfin les quantités de chaleur produites par ces deux combustions et exprimées en *calories* sont :: 3 : 2 (4).

---

(1) Nous désignons ainsi l'hydrogène, qui se trouve en excès sur l'oxygène pour former de l'eau.

(2) 75 de carbone se combinent avec 200 d'oxygène pour former de l'acide carbonique.

25 d'hydrogène s'unissent à 200 d'oxygène pour donner de l'eau.

(3) 1 volume de vapeur de carbone , ... 0,8290
2 volumes de gaz oxygène (1,1056 × 2) . . . 2,2112
donnent 2 volumes de gaz acide carbonique . 3,0402
4 volumes de gaz hydrogène (0,0692 × 4). . 0,2768
2 id. id. oxygène (1,1056 × 2). . 2,2112
donnent 4 volumes de gaz de vapeur d'eau. 2,4880

(4) D'après les expériences de Dulong

1 kilog. de gaz hydrogène, en s'unissant à l'oxygène pour former de l'eau, dégage 34742 calories.

1 kil. de carbone, en passant à l'état d'acide carbonique, ne donne que 7170 calories.

Ce sont ces considérations qui nous ont porté à rechercher l'influence que la qualité du charbon et les proportions des trois matières constitutives exercent sur le volume des produits gazeux et sur la chaleur développée par l'inflammation de la poudre.

Toute combinaison chimique est toujours définie, invariable ; conséquemment les trois éléments qui constituent la poudre doivent s'y trouver dans des proportions déterminées.

Si donc nous recherchons quelle est, en théorie, la composition qui produit le plus de gaz et de chaleur et le moins de matière encrassante, nous trouvons que c'est la suivante :

1 atôme de nitrate potassique	= 1264,91	= 74,85
1 atôme de soufre. . . .	= 200,00	= 11,83
3 atômes de carbone . . .	= 225,00	= 13,32
	1689,91	100,00

C'est ce que l'on voit du reste, dans le tableau ci-après, où sont consignés les produits de différentes compositions. Nous avons établi nos calculs sur les données suivantes :

Poids atomiques.	Azote.	87,50
	Carbone	75,00
	Soufre	200,00
	Potassium . . .	489,91
	Nitrate potassique .	1264,91
Poids d'un litre, à 0° et sous la pression de 0^{m}76.	Azote	1^{gr},257
	Acide carbonique .	1 ,977
	Oxyde carbonique .	1 ,252
Puissance calorifique du carbone passant à l'état d'oxyde		1386

N° 5.

Numéro d'ordre.	COMPOSITION DE LA POUDRE en atômes. Nitrate potassique	Soufre.	Carbone.	en 100 parties. Nitrate potassique	Soufre.	Carbone.	PRODUITS DE LA COMBUSTION D'UN LITRE DE POUDRE PESANT 900 GRAM. PRODUITS GAZEUX EN GRAMMES. Acide carbonique.	Oxyde carbonique.	Azote.	TOTAL.	EN LITRES A 0° ET 0m,76. Acide carbonique.	Oxyde carbonique.	Azote.	TOTAL.	PRODUITS SOLIDES EN GRAMMES. Sulfure potassique.	Bi-sulfure potassique.	Carbonate potassique.	TOTAL.	CARBONE transformé en Acide carbonique.	Oxyde carbonique.	Chaleur produite par la combustion du carbone contenu dans un litre de poudre. CALORIES.	Colories par litre de produits gazeux.	Produits solides pour 100 p. en poids de poudre.
1	1	1	6	66,06	10,44	23,50	»	493,50	82,25	575,75	»	394,17	65,43	459,60	324,25	»	»	324,25	»	211,50	293,14	0,638	36,03
2	1	1	3	74,85	11,83	13,32	439,37	»	93,20	532,57	222,24	»	74,14	296,38	367,43	»	»	367,43	119,93	»	859,89	2,900	40,82
3	8	6	23	77,58	9,20	13,22	398,45	»	96,59	495,04	201,54	»	76,84	278,38	285,60	»	119,35	404,95	108,66	»	779,09	2,800	44,99
4	2	4	9	63,17	19,98	16,86	185,40	235,97	78,65	500,02	93,87	188,47	62,57	344,81	»	399,97	»	399,97	50,56	101,13	502,67	1,450	44,44

Les produits désignés au tableau sous la dénomination de produits solides, sont, pour la majeure partie, volatilisés par la haute température du foyer d'explosion, ou entraînés par le courant gazeux : mais on conçoit, toutes circonstances d'ailleurs étant les mêmes, que la crasse qui se déposera dans l'arme, sera d'autant plus forte que la quantité de produits solides engendrés par l'inflammation sera plus grande.

Nous ajouterons qu'au point de vue de la conservation et de la durée de la poudre, le dosage ci-dessus indiqué est encore celui qui mérite la préférence; l'expérience ayant démontré que « la » quantité d'humidité absorbée par chaque espèce de poudre est » à très-peu-près proportionnelle à la quantité de charbon qui y » est contenue, quel que soit le procédé de fabrication (1) », et qu'une certaine quantité de soufre est nécessaire pour donner aux grains la dureté requise pour résister au frottement et aux chocs qu'ils éprouvent pendant le transport et la confection des munitions. Or, le carbone n'entre dans la composition susdite qu'en quantité strictement suffisante pour produire de l'acide carbonique avec l'oxygène du salpêtre, et la proportion du soufre suffit à la fois pour s'unir au potassium du salpêtre et assurer la consistance du grain, comme l'indique cette formule,

$$KO,A\overset{2}{z}O^5 + S + C^3 = KS + 3CO^2 + 2Az.$$

Ce dosage fondamental étant admis, voyons ce qui arrivera si l'on substitue au carbone du charbon distillé roux renfermant, sur 100 p.

Carbone. . .	71,42
Hydrogène . .	4,85
Oxygène . .	22,91
Cendres. . .	0,82
	100

Les charbons concourent à produire l'effet dynamique de la poudre et par la quantité de calorique et par le volume de produits gazeux qu'ils développent en brûlant; ils jouent donc un double rôle dont il importe d'apprécier soigneusement la portée dans l'examen qui nous occupe.

Pour ce qui concerne leur puissance calorifique, il est reconnu :

(1) Mémoires sur les poudres de guerre, etc., par Piobert, page 91.

1° *Que la quantité de chaleur dégagée par une combustion complète est toujours la même pour la même quantité du même combustible, quelles que soient les circonstances dans lesquelles la combustion s'opère* (1).

2° *Que la quantité de chaleur développée par un combustible organique est égale à celle qui est produite par la combustion du carbone qu'il contient, augmentée de celle qui résulte de l'hydrogène en excès sur l'oxygène pour former de l'eau* (2).

Suivant cette dernière loi, la composition élémentaire du charbon roux ci-dessus spécifiée doit être traduite comme suit :

Carbone		71,42
Hydrogène		1,99
Oxygène Hydrogène	dans les proportions pour former de l'eau.	25,77
Cendres		0,82
		100

Or, la puissance calorifique de l'hydrogène est de 34742; celle du carbone, lorsqu'il passe à l'état d'acide carbonique, de 7170 : par conséquent le nombre d'unités de chaleur qu'un kilog. de charbon roux développera en brûlant sera de 5120,8 + 691,5 = 5812;

car
$$1000 : 7170 = 714,2 : 5120,8$$
$$1000 : 34742 = 19,9 : 691,5$$

donc, si l'on substitue ce charbon roux au carbone pur, il en résultera une diminution de 7170 — 5812 = 1358 unités de chaleur, soit 18,9 %

$$7170 : 1358 = 100 : 18,9.$$

Ce résultat ne s'accorde nullement avec les idées qui ont généralement cours en pyrotechnie; parce qu'on considère à tort le charbon comme un mélange de carbone avec plus ou moins de carbures d'hydrogène, suivant que la carbonisation a été plus ou moins prolongée (3). Ainsi Moritz Meyer donne aux différents charbons la composition élémentaire suivante (4) :

---

(1) Traité de la Chaleur, par Péclet, § 90.
(2) Id. id. § 128.
(3) Traité de Pyrotechnie, § 103 et 106.
(4) Id. id. § 146.

	CHARBON		
	ROUX-CHOCOLAT. 1.	ROUX-NOIR. 2.	NOIR-BLEU. 3.
Carbone	75,5	84,6	90,6
Hydrogène . . .	25,8	14,3	7,6
Cendres	0,7	1,1	1,8
	100,0	100,0	100,0

En prenant pour base ces analyses erronées, on devait nécessairement conclure que ces charbons développeraient plus de chaleur que le carbone pur. En calculant, en effet, leur puissance calorifique on trouve :

pour le 1er $0^k,735 \times 7170 + 0^k,258 \times 34742 = 14255$ calories;
le 2e $0^k,846 \times 7170 + 0^k,145 \times 34742 = 11054$ id.
le 3e $0^k,906 \times 7170 + 0^k,076 \times 34742 = 9156$ id.

En d'autres termes 1 kilog. de charbon roux-chocolat développe 7063 calories de plus que le même poids en carbone pur, le charbon roux-noir 3864 et le charbon noir-bleu 1966. On conçoit d'autant moins que ce Technologue distingué soit tombé dans une si étrange erreur, qu'il ajoute (1) que « *le charbon roux, lorsqu'il est fortement échauffé bientôt après sa préparation, donne un liquide épais (du goudron avec l'acide pyroligneux).* » Ce savant n'ignorait pas cependant que le vinaigre de bois se compose essentiellement d'acide acétique et d'eau, et que l'un et l'autre renferment de très-fortes proportions d'oxigène.

Cherchons maintenant le volume de produit gazeux que donnera la combustion complète d'un kilog. de ce même charbon. Ces produits seront l'acide carbonique et la vapeur aqueuse; et comme on sait :

1° Que 1000 grammes de carbone donnent $1854^{lit},67$ d'acide carbonique à 0° et sous la pression de $0^m,76$;

2° Que 1000 grammes d'eau produisent $1^{m.c},69$ de vapeur à 100° et sous la pression de $0^m,76$ ou $1,69:(1+0,3665) = 1^{m.c},25$ de vapeur ramenée fictivement à 0°;

(1) Traité de pyrotechnie, § 146.

il s'ensuit que le volume d'acide carbonique et de vapeur que fournira un kilog. de charbon roux dont il s'agit sera 1324,59 + 536,89 = 1861,48 puisque

1000 : 1854,67 = 714,2 : 1324,59
12,5 : 112, 5 = 48,5 : 436,50
1000 : 1250 = 436,5 : 536,89

Ce charbon roux développera donc en produits gazeux $6^{lit},81$ de plus que le carbone pur, soit 0,57 °/₀ car

$$1861,48 - 1854,67 = 6^{lit},81$$
$$1854,67 : 6,81 = 100 : 0,57.$$

De la comparaison que nous venons de faire on peut donc conclure que si l'on remplace le carbone par une égale quantité de charbon roux, on obtient à peu près le même volume de gaz, et une diminution de chaleur de 18,9 °/₀.

Il est une troisième condition essentielle que doit remplir une poudre de bonne qualité, c'est d'encrasser le moins possible. Comparons sous ce troisième rapport la poudre théorique avec celle qui renferme le charbon distillé roux dont nous nous occupons.

On a vu que ce charbon contient sur 100 parties

Carbone . . . 71,42
Hydrogène . . 1,99

et comme 12,50 d'hydrogène remplacent 37,5 de carbone vis-à-vis de 100 d'oxygène, il s'ensuit que 1,99 d'hydrogène feront sur le salpêtre le même effet que 5,97 de carbone.

$$12,50 : 37,5 = 1,99 : 5,97$$

et que 100 parties de charbon équivaudront à 71,42 + 5,97 = 77,39 de carbone pur.

Or, notre poudre théorique renferme :

Nitrate potassique.	74,85
Soufre	11,85
Carbone. . . .	13,52
	100.

On comprend que si l'on substitue au carbone 13,52 de charbon, qui ne correspondent en réalité qu'à 10,51 de carbone pur, les proportions des 3 ingrédients deviendront les suivantes :

Nitrate potassique.	74,85	77,17
Soufre	11,85	12,20
Carbone . . .	10,31	10,63
	96,99	100

donc en conservant les proportions des trois ingrédients prescrits dans le dosage théorique, il y aura en excès dans cette nouvelle composition 17,44 de salpêtre et 2,76 de soufre.

$$13{,}52 : 74{,}85 = 10{,}63 : 59{,}73$$
$$77{,}17 - 59{,}73 = 17{,}44$$
$$13{,}52 : 11{,}85 = 10{,}63 : 9{,}44$$
$$12{,}20 - 9{,}44 = 2{,}76$$

Les produits de la combustion de ce mélange ne seront donc plus aussi simples : indépendamment de l'azote, de l'acide carbonique et du sulfure potassique qu'il donnera, comme la poudre théorique, il fournira encore une quantité très-notable de sulfate potassique. Le salpêtre et le soufre qui sont en excès, se trouvent en effet dans les proportions voulues pour déterminer la réaction indiquée par cette formule :

$$KO,AzO^5 + S = KO,SO^3 + 2Az + 2O.$$

Cet oxigène en réagissant de son côté sur le sulfure déjà formé produit encore une nouvelle dose de sulfate potassique

$$KS + O^4 = KO,SO^3.$$

On trouve par le calcul que 100 parties de poudre théorique fournissent en résidu solide 40,82 de sulfure potassique, et le mélange en question 27,84 de sulfure potassique + 22,51 de sulfate; c'est-à-dire un excédent de 50,35 — 40,82 = 9,53 ou 24 % de matières *encrassantes*. Sous ce dernier rapport nous ferons remarquer en outre que le sulfure potassique en attirant l'humidité de l'air forme une fumée transparente qui disparaît aussitôt et une crasse qui ne tarde pas à devenir pâteuse et facile à enlever; qu'au contraire le sulfate de potasse n'étant pas déliquescent produit une fumée qui reste longtemps opaque et une croûte épaisse et dure.

Le tableau suivant présente les principaux résultats de la combustion de la poudre à charbon roux. Nous n'avons pu tenir compte de la chaleur que le soufre et le sulfure potassique émettent en se comburant; comme nous n'avons pas déduit de la chaleur émise par le charbon, celle qui est absorbée par les produits solides qui se forment pendant la combustion. Du reste, cette précision n'aurait pas changé nos conclusions.

N° 6.

COMPOSITION de la POUDRE.			PRODUITS DE LA COMBUSTION D'UN LITRE DE POUDRE PESANT 900 GRAMMES.												Carbone transformé en acide carbonique.	Hydrogène transformé en eau.	Unités de chaleur dégagée par la combustion.		Calories par litre de produits gazeux.	Produits solides pour 100 p. en poids de poudre.
			PRODUITS GAZEUX								PRODUITS SOLIDES.									
			EN GRAMMES.				EN LIT. A 0° ET 0m76.				EN GRAMMES.									
Nitrate potassique.	Soufre.	Charbon roux.	Acide carbonique.	Azote.	Vapeur aqueuse.	TOTAL.	Acide carbonique.	Azote.	Vapeur aqueuse.	TOTAL.	Sulfure potassique.	Sulfate potassique.	Cendres du Charbon.	TOTAL.			du Carbone.	de l'Hydrogène.		
74,85	11,83	13,32	313,83	93,15	52,74	459,72	158,74	74,10	69,97	298,81	241,37	197,55	0,99	439,91	85.59	2,43	613,67	81,42	2,33	48,88

En résumé, l'on voit qu'en remplaçant le carbone par le charbon distillé roux composé comme ci-dessus, on obtient :

1° En gaz, à-peu-près la même quantité;

2° En chaleur une diminution de 18,9 °/₀;

3° En résidus solides une augmentation de 24 °/₀.

En somme, une poudre de qualité inférieure, toutes les autres circonstances d'ailleurs restant les mêmes.

On croit cependant généralement que les poudres à charbons roux sont d'une énergie plus grande que celles à charbons noirs (1). Si ce fait est vrai on ne peut se l'expliquer qu'en admettant que le charbon incomplètement carbonisé est plus inflammable, comme le dit Moritz Meyer, (2), et qu'il communique à la poudre une plus grande vitesse d'inflammation et de combustion. Mais alors peut-on attribuer aux procédés seuls de fabrication les effets brisants que l'on a remarqués dans les expériences faites à Esquerdes en 1851 sur les poudres fabriquées avec le charbon roux, et ne doit-on pas rapporter à ce charbon une part des dégradations observées dans les bouches à feu? (3)

Quoi qu'il en soit, voyons les changements que devra subir la composition fondamentale si l'on remplace le carbone par une quantité de charbon roux telle, que le carbone et l'hydrogène en excès qu'il contient s'y trouvent dans les proportions nécessaires pour s'unir à tout l'oxygène du salpêtre.

On sait que 100 p. de ce charbon roux équivalent à 77,39 de carbone pur, conséquemment 17,21 remplaceront 13,32 de carbone du dosage théorique :

$$77{,}39 : 100 = 13{,}32 : 17{,}21.$$

Le dosage théorique

Salpêtre,	74,85
Soufre,	11,85
Carbone,	13,32
	100

(1) « *La qualité du charbon exerce une grande influence sur la vivacité de* « *combustion et par conséquent sur les effets de la poudre.* » Timmerhans-Essai d'un traité élémentaire d'artillerie, page 23, § 38.

(2) Traité de Pyrotechnie, § 108.

(3) « *La comparaison de l'ensemble des résultats obtenus avec le charbon* « *noir et avec le charbon roux semble indiquer que l'un donne à la poudre plus* « *de* vitesse de combustion et d'inflammation, *et l'autre* plus d'énergie. 63 *coups*

deviendra alors

Salpêtre,	74,85	72,05
Soufre,	11,85	11,39
Charb. roux,	17,21	16,56 (4)
	103,89	100

Mais $16^{gr},56$ de charbon roux contiennent :

Carbone, $11^{gr},8271$

Hydrogène, $0\ ,5295$

le nombre d'unités de chaleur que 100 grammes de poudre développeront sera donc

$$7170 \times 0^{k},011827\,1 + 0^{k},0005295 \times 34742 = 96^{cal.},247.$$

Or, 100 gram. de poudre théorique dégagent $7170 \times 0^{k},01332 = 95^{cal.},504$, donc le nouveau dosage donnera un excédent de $0^{cal.},743$ soit 0,77 %

Quant au volume des produits gazeux, on trouve :

1° Que $11^{gr.},8271$ de carbone donneront $1854,67 \times 0^{k},011827 = 21^{lit.},935$ d'acide carbonique à 0° et sous la pression de $0^{m},76$.

2° Que $7^{gr.},252$ d'eau produiront $1250 \times 0^{k},007252 = 8^{lit.},895$ de vapeur aqueuse à 0°.

3° Enfin que $72^{gr.},05$ de salpêtre dégageront $1^{lit.},603$ de gaz azote à 0° et $0^{m},76$.

Ainsi 100 gram. de poudre à charbon roux développeront en brûlant :

Acide carbonique,	$21^{lit.},935$
Vapeur aqueuse,	8 ,895
Azote,	7 ,954
	38,764

« *de ces poudres, dont aucune ne joint une grande densité gravimétrique à une* « *grande vitesse de combustion, n'ont produit de dégradations sensibles dans* « *l'arme.* » Piobert. Mémoire sur les poudres de guerre, p. 12.

(4) D'après Moritz Meyer (§ 254) la poudre à charbon roux-chocolat devrait être ainsi composée :

Salpêtre. . .	78,25
Soufre . . .	12,48
Charbon. . .	9,37
	100

Nous avons signalé, page 9, l'erreur dans laquelle est tombé cet officier distingué.

On a vu que 100 gram. de poudre théorique donnaient $32^{lit.},946$ de produits gazeux, différence en moins $5^{lit.},818$ ou 17,65 °/₀.

Relativement aux produits solides, le nouveau dosage fournira

en sulfure potassique $\frac{689,91+72,05}{1264,91} = 39^{gr.},290$

en cendres $\frac{0,82+16,56}{100} = 0,\ 156$

$39,\ 426$

Or, les produits solides de la poudre théorique s'élèvent à 40,82, différence en plus 0,394 ou 0,99 °/₀.

En résumé, ce nouveau dosage à charbon distillé roux donne une augmentation de 0,77 °/₀ en calories et de 17,65 °/₀ en produits gazeux et une diminution de 0,99 °/₀ en produits solides.

Le tableau suivant fait connaître les quantités respectives des divers produits résultant de la combustion d'un litre de poudre de cette dernière composition.

N° 7.

COMPOSITION de la POUDRE.			PRODUITS DE LA COMBUSTION D'UN LITRE DE POUDRE PESANT 900 GRAMMES.												Carbone transformé en acide carbonique.	Hydrogène transformé en eau.	Unités de chaleur dégagée par la combustion.		Calories par litre de produits gazeux.	Produits solides pour 100 p. en poids de poudre.
			PRODUITS GAZEUX								PRODUITS SOLIDES									
			EN GRAMMES.				EN LITRES A 0° ET 0^m76.				EN GRAMMES.									
Nitrate potassique.	Soufre.	Charbon roux.	Acide carbonique.	Azote.	Vapeur aqueuse.	TOTAL.	Acide carbonique.	Azote.	Vapeur aqueuse.	TOTAL.	Sulfure potassique.	Sulfate potassique.	Cendres du Charbon.	TOTAL.			du Carbone.	de l'Hydrogène.		
72,05	11,39	16,56	390,69	89,73	64,71	545,13	197,61	71,38	80,89	349,88	353,61	»	1,26	354,87	106,55	2,934	703,06	101,93	2,474	39,43

Au premier abord cette composition à charbon roux paraît devoir être préférée à celle que nous avons prise pour type, puisqu'elle donne plus de gaz, moins de produits solides et plus de chaleur; mais un examen plus approfondi ne tarde pas à faire reconnaître qu'elle lui est inférieure.

En effet, on ne doit pas confondre la chaleur émise par la combinaison chimique avec l'échauffement des produits de cette combinaison; car les corps ayant des chaleurs spécifiques différentes, on conçoit que deux poudres qui développeraient la même quantité de calories et fourniraient des produits de nature différente, bien qu'en égale quantité, échaufferaient ces produits à des températures différentes.

Dans l'état actuel de la science il est impossible de déterminer d'une manière précise l'échauffement thermométrique des produits d'une combustion; parce qu'on ne connaît pas la chaleur spécifique des corps à des températures élevées; mais si l'on prend pour base les chaleurs spécifiques telles qu'elles ont été déterminées pour des limites de température assez restreintes, on n'arrivera sans doute qu'à des résultats approximatifs, mais ils seront suffisants pour l'objet qui nous occupe et alors qu'il ne s'agit que d'établir une comparaison.

D'après les expériences de MM. Delaroche et Bérard, en prenant pour unité la capacité calorifique de l'eau, on trouve que, sous une même pression, la chaleur spécifique de

L'acide carbonique est de	0,2210
L'azote	0,2754
La vapeur d'eau . . .	0,8470

La capacité calorique du sulfure potassique déduite de la loi des chaleurs spécifiques (1) est de 0,1742.

Or, la poudre normale donnant :

Acide carbonique .	$0^{k},45957$	$= 296^{lit},38$ à 0° et $0^{m},76$
Azote	0 ,09320	
Sulfure potassique.	0 ,36745	

(1) *Dans les corps composés, renfermant le même élément électro-négatif, et de composition atomique semblable, les chaleurs spécifiques sont en raison inverse des poids atomiques.* — Regnault. Ann. de Ch. et de Phy., 3me série, t. 1, p. 196.

la quantité de chaleur nécessaire pour que tous les produits s'échauffent d'un degré thermométrique sera de $0^{cal.},1868$; car

$$0,43937 \times 0,2210 = 0,0971$$
$$0,09520 \times 0,2754 = 0,0257$$
$$0,36743 \times 0,1742 = 0,0640$$
$$0,1868$$

et comme la chaleur totale que produit cette poudre est de $859^{cal.},89$, il s'ensuit que la température de combustion sera

$$\frac{859,89}{0,1868} = 4605 \text{ degrés.}$$

Mais le volume total des gaz à 0° et $0^{m},76$ étant de $296^{lit.},58$, on aura pour le volume des gaz à cette température.

$$296,58\,(1+4605\times 0,003665) = 5296^{lit.},60.$$

La poudre à charbon roux donnant :

Acide carbonique	$0_{k},59069$	$= 349^{lit.}\ 88$ à 0° et $0^{m},76$.
Azote	0 ,08975	
Vapeur aqueuse .	0 ,06471	
Sulfure potassique	0 ,35361	
Cendres . . .	0 ,00126	
Calories .	865,89	

des calculs analogues conduisent aux résultats suivants :

$$0,59069 \times 0,221 = 0,0863$$
$$0,08975 \times 0,2754 = 0,0247$$
$$0,06471 \times 0,8470 = 0,0548$$
$$0,35361 \times 0,1742 = 0,0616$$
$$0,00126 \times 0,2\ldots = 0,0003$$
$$0,2277$$

D'où il résulte que la température de combustion sera

$$\frac{865,89}{0,2277} = 3807 \text{ degrés}$$

et le volume de gaz à cette température

$$54988(1+5807\times 0{,}005665)=5211^{\text{lit.}},75\ (1).$$

En comparant les volumes de gaz que produisent ces deux poudres, à la température de combustion, on voit qu'un litre de poudre à charbon roux donne 5296,60 — 5211,75 = 84,85 lit. de gaz en moins que la poudre normale. Si l'on considère en outre que le pouvoir hygrométrique des poudres et la friabilité du grain augmentent dans le même rapport que la dose du charbon, et que la poudre à charbon roux absorbe plus d'humidité que celle qui contient du charbon noir, on se convaincra facilement que ce dosage doit être rejeté.

De tout ce qui précède nous concluons :

1° *Qu'on ne doit employer pour fabriquer la poudre que du charbon parfaitement carbonisé, ne contenant que du carbone et le moins possible de matières minérales (cendres);*

2° *Que la composition qui fournit le plus grand volume de gaz et qui est la moins susceptible de se détériorer est formée de*

Salpêtre	74,85
Soufre . . .	11,85
Carbone . . .	13,52
	100

3° *Enfin, qu'avec cette composition et en faisant varier convenablement la forme, la grosseur et la densité des grains on obtiendra les poudres les plus propres aux divers services.*

---

(1) La chaleur spécifique du carbonate potassique étant 0,21623, et celle du bi-sulfure potassique 0,165, les mêmes calculs donnent pour les poudres du tableau n° 3, savoir :

POUDRE.	TEMPÉRATURE DE COMBUSTION. (degrés).	VOLUME TOTAL DE GAZ. (litres).
No 1.	1324,02	2689,91
» 3.	4098,31	4459,73
» 4.	2556,81	3575,67

II. — *Suite du Mémoire sur la Résolution des équations numériques*,

Tome II, page 445.

PAR

J. MARTYNOWSKI,

RÉPÉTITEUR DES MATHÉMATIQUES A L'ÉCOLE DES ARTS ET MANUFACTURES ET DES MINES, ANNEXÉE A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE.

§ VI. DE LA CONSTRUCTION DES SOMMES SYMÉTRIQUES.

57. On appelle *fonction symétrique*, toute expression composée d'un nombre quelconque d'*éléments*, qui demeure la même, lorsqu'on échange entre eux les élémens qui la composent; telles sont les expressions, $sin\,(a+b)$, $sin\,(a+b+c)$, $f(a+b)$, ... les caractéristiques sin, f ... désignant, la première, le sinus et la seconde, une fonction quelconque des élémens a, b, c, ...

58. On donne le nom particulier de *somme symétrique* à l'agrégat d'un nombre déterminé de termes, ayant pour facteurs les élémens a, b, c, d. ... et dont chacun trouve le terme correspondant en faisant changer de place deux quelconques des élémens tantôt désignés.

Une somme symétrique, dont chaque terme emploie moins de lettres que ne le comporte l'expression totale de la somme symétrique, peut toujours se décomposer ou répartir en groupes, dont on obtient les termes en changeant seulement de place les lettres qui se trouvent dans l'un d'eux. Nous désignerons ces groupes particuliers par $(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots l^{\lambda})_{7}$, et nous les nommerons *sommes élémentaires* ou *constituantes*.

59. Arrêtons-nous d'abord sur la construction des sommes élémentaires, que nous venons de désigner par $(a^{\alpha}.b^{\beta}.c^{\gamma}\ldots l^{\lambda})_{7}$. Elles s'obtiennent, en faisant maintenir la succession invariable des fac-

teurs $a, b, c, \ldots l$ et en permuant de toutes les manières possibles les exposans $\alpha, \beta, \gamma, \ldots \lambda$, puis en joignant par le signe + les arrangements ainsi obtenus.

Quelques exemples particuliers suffiront pour faire bien comprendre la construction de l'expression générale $(a^{\alpha}.b^{\beta}.c^{\gamma}\ldots l^{\lambda})_l$. Ainsi l'on a pour les expressions particulières suivantes :

$$(a^{\alpha})_1 = a^{\alpha}$$

$$(a^{\alpha}b^{\beta})_2 = a^{\alpha}b^{\beta} + a^{\beta}b^{\alpha}$$

$$(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma})_3 = a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma} + a^{\alpha}b^{\gamma}c^{\beta} + a^{\beta}b^{\alpha}c^{\gamma} + a^{\beta}b^{\gamma}c^{\alpha} + a^{\gamma}b^{\alpha}c^{\beta} + a^{\gamma}b^{\beta}c^{\alpha}.$$

etc., etc...

et généralement, pour l'expression $(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma})_l$, dont chaque terme contient la totalité de l lettres désignées par $a, b, c, \ldots l$, on a

$$(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots l)_l = a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots l^{\lambda} + a^{\alpha}b^{\gamma}c^{\beta}\ldots l^{\lambda} + \ldots.$$

c'est-à-dire, que cette expression comprend toutes les permutations de l exposans $\alpha, \beta, \gamma, \ldots \lambda$, la succession des lettres $a, b, c, \ldots l$ étant invariable dans chaque terme.

Il est évident que le nombre des termes, contenus dans l'expression $(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots l^{\lambda})$ est marqué par

$$lPl = l(l-1)(l-2)\ldots 3.\ 2.\ 1. = l^{[l]-1} = 1^{[l]1}.$$

60. Désignons actuellement par $S_m(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots)_l$ la somme symétrique de m lettres $a, b, c, \ldots$ prises l à l, c'est-à-dire la somme, qui est composée des sommes élémentaires $(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots)_l$ réparties sur la totalité de m lettres tantôt désignées.

Pour former une telle somme symétrique, il faut d'abord opérer toutes les combinaisons de m lettres $a, b, c, \ldots$ en les prenant l à l et grouper ensuite ces combinaisons en autant de sommes élémentaires de l'ordre l. De cette façon, il vient

$$1)\ldots S_m(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots)_l = (a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots)_l + (a^{\alpha}b^{\beta}d^{\gamma}\ldots)_l + \ldots$$

tout en se rappelant que deux combinaisons quelconques $abc\ldots$ $abd\ldots$ doivent différer au moins par une lettre qui y est employée.

Il est évident que dans cette expression 1) le nombre des sommes élémentaires est marqué par mCl, qui est celui des combinaisons des m lettres $a, b, c, \ldots$ prises l à l et que le nombre des termes partiels compris dans chaque somme élémentaire est marqué par lPl,

celui des permutations de l lettres, prises l à l; d'où il résulte que le nombre des termes, dont se compose la somme symétrique, désignée par $S_m(a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots)_l$ est

$$mCl.\ lPl = \frac{m^{\overline{l}|-1}}{1^{\overline{l}|1}} \times 1^{\overline{l}|1} = m^{\overline{l}|-1}.$$

En effet, ce dernier nombre n'est autre que celui des manières, dont on peut répartir les l exposans $\alpha, \beta, \gamma, \ldots \lambda$ entre m places désignées par $a, b, c, \ldots$

Ajoutons, que cette égalité 2) est à proprement dire l'*expression primitive* de la somme symétrique, désignée par $S_m(a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots)_l$, expression qui frappe sur la nature de cette somme; et que c'est à cette expression 1) il faudra recourir toutes les fois qu'il s'agira de résoudre un problème sur la construction des sommes symétriques.

Nous pouvons maintenant, sans crainte de confusion sur l'objet, pris en considération, de simplifier la notation des sommes symétriques et de désigner par $S_{m,l}$ la somme $S_m(a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots)_l$, en sorte que $S_{m,m}$ ou simplement S_m désignera la somme élémentaire de m éléments $a, b, c, \ldots$. Nous dirons encore que, nous employons de préférence la lettre S à celle de Σ (*), employée pour désigner les intégrales des fonctions, soumises à des accroissements finis: car il est évident, qu'il n'en est pas question, dans l'expression primitive 1) d'une somme symétrique.

Ceci posé, voici en quoi consiste le problème de la construction des sommes symétriques.

61. On donne les sommes des puissances semblables des m lettres $a, b, c, \ldots$ de sorte qu'en les désignant par $s_\alpha, s_{2\alpha}, s_{3\alpha}, \ldots s_\beta, s_{2\beta}, \ldots s_\gamma, \ldots$ on ait

$$\begin{aligned}
s_\alpha &= a^\alpha + b^\alpha + c^\alpha + \ldots \\
s_{2\alpha} &= a^{2\alpha} + b^{2\alpha} + c^{2\alpha} + \ldots \\
&\ldots\ldots\ldots \\
s_\beta &= a^\beta + b^\beta + c^\beta + \ldots \\
s_{2\beta} &= a^{2\beta} + c^{2\beta} + c^{3\beta} + \ldots \\
&\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

et l'on cherche à exprimer la somme $S_{m,l}$ avec ces dernières.

(*) Mémoire sur la Résolution des équations par A. Pioch, page 167.

Multiplions les deux membres de l'égalité 1) par s_ω, ω étant l'exposant qui ne se trouve pas compris dans $S_{m,l}$ et s_ω d'après ce qui précède, désignant la somme des puissances ω de m lettres a, b, c,...; nous aurons d'abord

$$s_\omega . S_{m,l} = s_\omega . (a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots)_l + s_\omega . (a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots)_l + \ldots$$

Or, toutes les fois que, dans le second membre de cette égalité, le multiplicande $s_\omega = a^\omega + b^\omega + c^\omega + \ldots$ et le multiplicateur, tel que $(a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots)_l$ auront la même lettre, telle que a, le produit partiel aura la forme $a^{\alpha+\beta} b^\beta c^\gamma \ldots$ et la somme de pareils produits prêtera à une somme $S_m(a^{\alpha+\omega} b^\beta c^\gamma \ldots)_{l+1}$; si, au contraire, les lettres des deux facteurs sont différentes, la somme de pareils produits donnera évidemment lieu à la somme $S_{m+l}(a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots)_{l+1}$. Ainsi, le résultat de multiplication est

$$s_\omega . S_{m,l} = S_m(a^{\alpha+\omega} b^\beta c \ldots)_l + S_{m+1,l+1}.$$

et l'on en déduit

$$2)\ldots\ S_{m+1}(a^\alpha b^\beta c^\gamma)_{l+1} = s_\omega . S_m(a^\alpha b^\beta c^\gamma)_l - S_m(a^{\alpha+\omega} b^\beta c^\gamma \ldots)_l \quad \text{ou}$$

simplement

$$3)\ldots\ S_{m+1,\,l+1} = s_\omega . S_{m,l} - S_m(a^{\alpha+\omega} b^\beta c^\gamma \ldots)_l$$

C'est dans cette expression 2) ou 3) que consiste la *récurrence* ou la *loi médiate des sommes symétriques;* voici d'ailleurs son énoncé :

Pour passer d'une somme de l lettres à une autre de $l+1$ *lettres, multipliez la première par* s_ω *et diminuez le résultat de ce que devient la somme de l lettres lorsque chaque exposant* y *recevra, tour à tour, l'accroissement* ω.

Ainsi, à proprement dire, la loi 3) n'est autre chose que la suivante :

$$4)\ldots\ S_{m+1,\,l+1} = s_\omega . S_{m,l} - (a^{\alpha+\omega} b^\beta c^\gamma \ldots)_l + \\ - (a^\alpha b^{\beta+\omega} c^\gamma \ldots)_l + \\ - (a^\alpha b^\beta c^{\gamma+\omega} \ldots)_l + \\ - \text{etc., etc. ,}$$

en se rappelant ce que nous avons dit des sommes constituantes de la somme symétrique $S_m(a^{\alpha+\omega} b^\beta c^\gamma \ldots)_l$.

62. Appliquons cette dernière formule à l'évaluation des sommes symétriques $S_m(a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots)_l$ ayant successivement un facteur de plus, et nous aurons

$$S_{m,1} = s_\alpha$$

$$S_{m,2} = s_\alpha s_\beta - s_{\alpha+\beta}$$

$$S_{m,3} = s_\alpha s_\beta s_\gamma - s_{\alpha+\beta}.s_\gamma + 2.S_{\alpha+\beta+\gamma} - s_{\alpha+\gamma}.s_\beta - s_{\beta+\gamma}.s_\alpha$$

$$S_{m,4} = s_\alpha s_\beta s_\gamma s_\delta - s_{\alpha+\beta}.s_\gamma s_\delta + 2.s_{\alpha+\beta+\gamma}.s_\delta - 6s_{\alpha+\beta+\gamma+\delta} - s_{\alpha+\gamma}.s_\beta s_\delta + 2.s_{\alpha+\beta+\delta}.s_\gamma - s_{\alpha+\delta}.s_\beta s_\gamma + 2.s_{\alpha+\gamma+\delta}.s_\beta - s_{\beta+\gamma}.s_\alpha s_\delta + 2.s_{\beta+\gamma+\delta}.s_\alpha - s_{\beta+\delta}.s_\alpha s_\gamma + s_{\alpha+\beta}.s_\gamma s_\delta - s_\gamma s_{\alpha+\delta}.s_\beta + s_{\alpha+\gamma}.s_\beta s_\delta + s_{\beta+\gamma}.s_\alpha s_\delta$$

$$S_{m,5} = s_\alpha s_\beta s_\gamma s_\delta s_\varepsilon - \text{etc., etc.}$$

Il est aisé de voir que la somme $S_{m,2}$ s'obtient en multipliant $S_{m,1}$ par s_β et diminuant le résultat de ce qui devient $S_{m,1}$ lorsqu'on y fera croître la lettre α de β; de même $S_{m,3}$ s'obtient en multipliant $S_{m,2}$ par s_γ et diminuant le résultat de ce que devient $S_{m,2}$, lorsque les lettres α, β y prendront chacune l'accroissement γ; et ainsi des autres.

63. Avant d'arriver à la construction indépendante de ces expressions, il est d'abord nécessaire d'en simplifier le calcul. Pour cet effet remarquons que l'attention principale dans ce calcul se porte sur les numéros des sommes partielles, désignées par s, et que l'on peut sans inconvénient supprimer cette lettre, pourvu que l'on ait soin de faire distinction des numéros binomes, trinomes, trétranomes, etc.; que le second membre de chaque expression $S_{m,l}$ comprend des agrégats qui sont de véritables sommes constituantes de sorte qu'en employant le signe f pour désigner ces dernières, on pourra écrire ce qui suit :

$$S_{m,1} = \alpha$$

$$S_{m,2} = \alpha\beta - (\alpha+\beta)$$

$$S_{m,3} = \alpha\beta\gamma - f(\alpha+\beta)\gamma + 2(\alpha+\beta+\gamma)$$

$$S_{m,4} = \alpha\beta\gamma\delta - f(\alpha+\beta)\gamma\delta + 2f(\alpha+\beta+\gamma)\delta - 6(\alpha+\beta+\gamma+\delta)$$

$$+ f(\alpha+\beta)(\gamma+\delta);$$

$$S_{m,5} = \alpha\beta\gamma\delta\varepsilon - f(\alpha+\beta)\gamma\delta\varepsilon + 2f(\alpha+\beta+\gamma)\delta\varepsilon + f(\alpha+\beta)(\gamma+\delta)\varepsilon + -6f(\alpha+\beta+\gamma+\delta)\varepsilon + -2f(\alpha+\beta+\gamma)(\delta+\varepsilon) + + 24(\alpha+\beta+\gamma+\delta+\varepsilon);$$

$$S_{m,6} = \alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta - f(\alpha+\beta)\gamma\delta\varepsilon\zeta + 2f(\alpha+\beta+\gamma)\delta\varepsilon\zeta + + f(\alpha+\beta)(\gamma+\delta)\varepsilon\zeta + - 6f(\alpha+\beta+\gamma+\delta)\varepsilon\zeta + - 2f(\alpha+\beta+\gamma)(\delta+\varepsilon)\zeta + - f(\alpha+\beta)(\gamma+\delta)(\varepsilon+\zeta) + + 24f(\alpha+\beta+\gamma+\delta+\varepsilon)\zeta + + 6f(\alpha+\beta+\gamma+\delta)(\varepsilon+\zeta) + + 4f(\alpha+\beta+\gamma)(\delta+\varepsilon+\zeta) + - 120(\alpha+\beta+\delta+\varepsilon+\zeta).$$

$S_{m,7}$ = etc. etc.

La loi de ces constructions est la suivante :

1° Les termes du second membre sont ordonnés par colonnes ayant successivement un facteur de moins, à partir de la première qui a autant de facteurs qu'il y a d'unités dans l'ordre l de la somme $S_{m,l}$ jusqu'à la dernière qui n'en a qu'un.

2° Les colonnes successives, dont il s'agit, sont de signes alternes à partir de la première dont le signe +.

3° Les coefficients numériques, que la marche du calcul met en évidence, sont les produits des factorielles de la forme $1^{u|1}$, le degré de chacune étant égal au nombre des termes qui composent le facteur polynome moins un. Il en est ainsi, parce que pour passer de la somme $S_{m,l}$ à la somme $S_{m,l+1}$, il faut que, dans le facteur polynome $\alpha+\beta+\gamma+\ldots$ de la première, chacune des lettres $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ reçoive à son tour l'accroissement ω; par conséquent, si le facteur polynome $\alpha+\beta+\gamma+\ldots$ contient n lettres, il en proviendra, pour la somme suivante, le facteur $n(\alpha+\beta+\gamma+\ldots)$ ayant une lettre de plus et qui se trouve affecté du coefficient numérique n. Partant, il faut en dire autant de chacun des facteurs polynomes, résumer l'induction et conclure la proposition tantôt énoncée.

4° La construction des agrégats, désignés par le signe f, est du

domaine de l'Analyse combinatoire. Il se présente dans cette construction deux questions, dont la première consiste à former et la seconde à donner le nombre des termes compris dans chaque agrégat. Pour former une somme telle que, $f(\alpha+\beta+\ldots)(\gamma+\delta+\ldots)\ldots\varepsilon\zeta\ldots$ composée des facteurs polynomes, ayant successivement et respectivement $u, v, w, \ldots$ termes, ces facteurs polynomes étant suivis des facteurs simples $\varepsilon, \zeta\ldots$ il faut combiner les m lettres $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \ldots$ en les prenant u à u; à côté de chaque arrangement mettre les combinaisons de $m-u$ lettres qui ne s'y trouvent pas en les prenant v à v; à côté de chaque arrangement ainsi formé mettre les combinaisons de $m-u-v$ lettres qui ne s'y trouvent pas et ainsi de suite; puis, à côté de ces résultats, dans lesquels on aura soin de changer chaque combinaison nouvellement introduite en facteur polynome correspondant, ayant les facteurs de la combinaison pour termes, joindre les facteurs simples, compris sous le signe f, ces derniers ne pouvant se trouver dans les facteurs polynomes de la somme f. Il résulte de là que, si les nombres $u, v, w, \ldots$ sont inégaux, le nombre d'arrangements compris dans la somme f est donné par

$$mCu\cdot m-uCv\cdot m-u-vCw\cdots=\frac{m^{u+v+w+\ldots\,|-1}}{1^{u|1.}1^{v|1.}1^{w|1\ldots}};$$

si, au contraire, quelques-uns de ces nombres $u, v, w, \ldots$ étaient égaux, le nombre $mCu.\ \overline{m-u}Cv.\ \overline{m-u-v}Cw.\ldots$, tantôt trouvé, devrait être divisé par le produit d'autant de factorielles de la forme $1^{u|1}$, qu'il y a de systèmes des nombres $u, v, w, \ldots$ égaux, le degré de chaque factorielle étant marqué par les nombres $u, v, w, \ldots$ égaux. Cette dernière circonstance vient de ce que le signe f porte sur les termes dissemblables, absolument de la même manière que les combinaisons proprement dites; et que la marche, qu'il faut suivre, pour former la somme f, introduit la répétition des arrangements, toutes les fois que les facteurs polynomes, qui s'y trouvent, sont du même nom. Ajoutons encore à ces considérations que chaque arrangement de la somme f emploie la totalité des lettres $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ et qu'aucune d'elles ne peut y être répétée.

5° Si dans la somme $S_{m,n}$ on égale l'un des exposants à zéro, le résultat de cette réduction sera la somme $S_{m,n-1}$ multipliée par le facteur $m-n+1$. Il est aisé d'en conclure que si, dans la somme $S_{m,n}$, tous les exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots \lambda$ devenaient égaux à zéro, cette

somme $S_{m,n}$ deviendrait le produit

$$(m-n+1)(m-n)(m-n-1)\cdots m$$

c'est-à-dire la factorielle $m^{n|-1}$.

6° Un mot encore sur les notations $S_{m,l}$, $S_{l,l}$ et f. L'expression telle que

$$S_{l,l}=S_l(a^\alpha b^\beta c^\gamma\ldots)_l$$

répond évidemment aux permutations de l lettres prises l à l; une autre telle que

$$S_{m,l}=S_m(a^\alpha b^\beta c^\gamma\ldots)_l$$

est absolument la même chose que les arrangements proprement dits de m lettres prises l à l; enfin, la notation f répond aux combinaisons ou plutôt aux produits des combinaisons. La distinction des notations $S_{m,l}$, $S_{l,l}$ et f est donc nécessaire.

64. Venons en à l'*expression indépendante* ou la *loi immédiate* des sommes $S_{m,n}$. Désignons par π_r le produit de r lettres simples $\alpha,\beta,\gamma,\ldots$, par $\sigma_1,\sigma_2,\sigma_3,\ldots$ les sommes des $2,3,4,\ldots$ de ces lettres et par juxtaposition de $\sigma_1,\sigma_2,\sigma_3,\ldots$ les produits des polynomes formés des lettres différentes, de sorte que les expressions, telles que $\sigma_1\sigma_1,\sigma_2\sigma_2,\ldots$ ne soient point considérées comme les puissances; et nous aurons

$$\begin{aligned}
S_{m,n}=\pi_n &-1^{1/1}.f\sigma_1.\pi_{n-2}+1^{2/1}.f\sigma_2\,\pi_{n-3} &&-1^{3/1}.f\sigma_3.\pi_{n-4}\\
&+1^{1/1}.1^{1/1}.f\sigma_1\sigma_1.\pi_{n-4} &&-1^{1/1}.1^{2/1}.f\sigma_1\sigma_2\pi_{n-5}\\
& && -1^{1/1}.1^{1/1}.1^{1/1}.f\sigma_1\sigma_1\sigma_1.\pi_{n-6}\\
&+1^{4/1}.f\sigma_4.\pi_{n-5} && -1^{5/1}.f\sigma_5.\pi_{n-6}+\text{etc.}\\
&+1^{1/1}.1^{3/1}.f\sigma_1\sigma_3.\pi_{n-6} && -1^{1/1}.1^{4/1}.f\sigma_1\sigma_4.\pi_{n-7}\cdots\\
&+1^{2/1}.1^{2/1}.f\sigma_2\sigma_2.\pi_{n-6} && -1^{2/1}.1^{3/1}.f\sigma_2\sigma_3.\pi_{n-7}\cdots\\
&+1^{1/1}.1^{1/1}.1^{1/1}.1^{2/1}.f\sigma_1\sigma_1\sigma_2.\pi_{n-7} && -1^{1/1}.1^{1/1}.1^{3/1}.f\sigma_1\sigma_1\sigma_3.\pi_{n-8}\cdots\\
+1^{1/1}.1^{1/1}.1^{1/1}.1^{1/1}.f\sigma_1\sigma_1\sigma_1\sigma_1.\pi_{n-8} && -1^{1/1}.1^{2/1}.1^{2/1}.f\sigma_1\sigma_2\sigma_2.\pi_{n-8}\cdots\\
& && -1^{1/1}.1^{1/1}.1^{1/1}.1^{2/1}.f\sigma_1\sigma_1\sigma_1\sigma_2.\pi_{n-9}\cdots\\
& && -1^{1/1}.1^{1/1}.1^{1/1}.1^{1/1}.1^{1/1}.f\sigma_1\sigma_1\sigma_1\sigma_1\sigma_1.\pi_{n-10}
\end{aligned}$$

etc., etc.

Telle est la *construction indépendante* de la somme symétrique $S_{m,n}$, dans laquelle les lettres σ sont soumises à la loi de partition.

65. Le cas le plus simple des sommes symétriques est celui où les exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ deviennent tous égaux. Dans ce cas, les sommes constituantes, dont se compose $S_{m,n}$, seront toutes affectées du facteur numérique $1^{n|1}$, parce qu'au lieu des permutations ou des arrangements, on n'aura que des combinaisons proprement dites. Ainsi, en premier lieu, on aura

$$S_m(abc\ldots)_n^{\alpha} = 1^{n|1} . f(abc\ldots)_n^{\alpha};$$

secondement, la juxtaposition des lettres σ ayant les mêmes numéros donnera lieu à de véritables puissances; de plus, si l'on reproduit les sommes semblables $s_\alpha, s_{2\alpha}, s_{3\alpha}, \ldots$ on aura

$$1^{1|1} . f(a)^{\alpha} = s_\alpha$$

$$1^{2|1} . f(ab)^{\alpha} = s_\alpha^2 - s_{2\alpha}$$

$$1^{3|1} . f(abc)^{\alpha} = s_\alpha^3 - 3s_{2\alpha} . s_\alpha + 2s_{3\alpha}$$

$$1^{4|1} . f(abcd)^{\alpha} = s_\alpha^4 - 6s_{2\alpha} s_\alpha^2 + 8 . s_{3\alpha} s_\alpha - 6s_{4\alpha} + 3 . s_{2\alpha}^2$$

$$1^{5|1} . f(abcde)^{\alpha} = s_\alpha^5 - 10s_{2\alpha} s_\alpha^3 + 20s_{3\alpha} s_\alpha^2 - 30s_{4\alpha} s_\alpha + 24s_{5\alpha} + 15s_{2\alpha}^2 s_\alpha - 20s_{3\alpha} s_{2\alpha}$$

$$1^{1|6} . f(abcdef)^{\alpha} = s_\alpha^6 - 15s_{2\alpha} s_\alpha^4 + 40s_{3\alpha} s_\alpha^3 - 90s_{4\alpha} s_\alpha^2 + 144s_{5\alpha} s_\alpha + 45s_{2\alpha}^2 s_\alpha^2 - 120s_{3\alpha} s_{2\alpha} s_\alpha + 90s_{4\alpha} s_{2\alpha} - 15s_{2\alpha}^3 + 40s_{3\alpha}^2 - 120s_{6\alpha}$$

etc. etc.

généralement

$$1^{n|1} . f_m(abc\ldots)_n^{\alpha} = s_\alpha^n - 1^{1|1} . \frac{n^{2|-1}}{1^{2|1}} \cdot s_{2\alpha} . s_\alpha^{n-2} + 1^{2|1} \frac{n^{3|-1}}{1^{3|1}} \cdot s_{3\alpha} \cdot s_\alpha^{n-3} + 1^{1|1} . 1^{1|1} . \frac{n^{4|-1}}{1^{2|1} . 1^{2|1}} \cdot \frac{s_{2\alpha}^2}{1^{2|1}} \cdot s_\alpha^{n-4} +$$

$$- 1^{3l1} \cdot \frac{n^{4l-1}}{1^{4l1}} \cdot s_{3\alpha} \cdot s_{\alpha}^{n-4} \qquad + 1^{4l1} \cdot \frac{n^{5l-1}}{1^{5l1}} \cdot s_{5\alpha} \cdot s_{\alpha}^{n-5} + \ldots$$

$$1^{l1} \cdot 1^{2l1} \cdot \frac{n^{5l-1}}{1^{2l1} \cdot 1^{3l1}} \cdot s_{2\alpha} \cdot s_{3\alpha} \cdot s_{\alpha}^{n-5} \qquad + 1^{1l1} \cdot 1^{3l1} \cdot \frac{n^{6l-1}}{1^{2l1} \cdot 1^{4l1}} \cdot s_{2\alpha} \cdot s_{4\alpha} \cdot s_{\alpha}^{n-6} + \ldots$$

$$1^{l1} \cdot 1^{1l1} \cdot \frac{n^{6l-1}}{1^{2l1} \cdot 1^{2l1} \cdot 1^{2l1}} \cdot \frac{s_{2\alpha}^{3}}{1^{3l1}} \cdot s_{\alpha}^{n-6} \qquad + 1^{2l1} \cdot 1^{2l1} \cdot \frac{n^{6l-1}}{1^{3l1} \cdot 1^{3l1}} \cdot \frac{s_{3\alpha}^{2}}{1^{2l1}} \cdot s_{\alpha}^{n-6} + \ldots$$

$$+ 1^{1l1} \cdot 1^{1l1} \cdot 1^{2l1} \cdot \frac{n^{7l-1}}{1^{2l1} \cdot 1^{2l1} \cdot 1^{3l1}} \cdot s_{2\alpha}^{2} \cdot s_{3\alpha} \cdot s_{\alpha}^{n-7} + \ldots$$

$$+ 1^{1l1} \cdot 1^{1l1} \cdot 1^{1l1} 1^{1l1} \cdot \frac{n^{8l-1}}{1^{2l1} \cdot 1^{2l1} \cdot 1^{2l1} \cdot 1^{2l1}} \cdot \frac{s_{2\alpha}^{4}}{1^{4l1}} \cdot s_{\alpha}^{n-8} + \ldots$$

etc., etc.

Cette expression est susceptible d'une simplification notable. En laissant les factorielles, dont la base est n, comme elles sont, et en opérant, seulement, la réduction entre les factorielles numériques de la forme générale 1^{zl1}, on voit que chaque lettre, telle que $s_{\alpha r}$, admet pour diviseur immédiat le nombre r; et que toutes les lettres ainsi préparées sont soumises à la loi de partition, de sorte que chaque puissance z de $s_{r\alpha}$ soit divisée par la factorielle correspondante 1^{zl1}, tout, en ayant soin d'observer, que cette loi ne porte pas sur les puissances de la lettre s_{α}. Cela posé, si l'on fait, pour abréger

$$s_{2\alpha} = 2t_1, \; s_{3\alpha} = 5 \cdot t_2, \; s_{4\alpha} = 4 \cdot t_3, \; s_{5\alpha} = 5 \cdot t_4, \; \ldots$$

l'expression, tantôt posée, de la somme f_m, prendra la forme suivante :

$$5)\ldots \; 1^{nl1} \cdot f_m(abc\ldots)_n^{\alpha} = s_{\alpha}^{n} - n^{2l-1} \cdot t_1 C1 \cdot s_{\alpha}^{n-2} + n^{3l-1} \cdot t_2 C1 \cdot s_{\alpha}^{n-3} + \\ + n^{4l-1} \cdot t_2 C2 \cdot s_{\alpha}^{n-4} +$$

$$- n^{4l-1} \cdot t_3 C1 \cdot s_{\alpha}^{n-4} \qquad + n^{5l-1} \cdot t_4 C1 \cdot s_{\alpha}^{n-5} + \ldots$$

$$- n^{5l-1} \cdot t_3 C2 \cdot s_{\alpha}^{n-5} \qquad + n^{6l-1} \cdot t_4 C2 \cdot s_{\alpha}^{n-6} + \ldots$$

$$- n^{6l-1} \cdot t_3 C2 \cdot s_{\alpha}^{n-6} \qquad + n^{7l-1} \cdot t_4 C3 \cdot s_{\alpha}^{n-7} + \ldots$$

$$+ n^{8l-1} \cdot t_4 C4 \cdot s_{\alpha}^{n-8} + \ldots$$

etc. etc.

Cette expression est bien simple, pour être considérée comme la *loi immédiate* de la somme f_m, qu'on cherche à évaluer.

Nous remarquerons, en passant, que, si dans les agrégats t_1C1, t_2C1, t_2C2, ... on fait $t_1 = t_2 = t_3, \ldots$, la somme des coëfficients nu-

mériques, compris dans une colonne, sera un des coëfficients de la factorielle générale $a^{n|-\xi}$. Mais nous donnerons, dans l'article suivant, § VII, une construction des factorielles et celle des nombres de Bernoulli, bien plus commode.

L'expression 5) comprend comme cas particulier la formule que nous avons donnée dans la N° 18, page 320, de notre Mémoire (vol. 1, première partie de ce Recueil).

§ VII. — DIGRESSION SUR LES FACTORIELLES ET LES NOMBRES BERNOULLIENS.

66. On nomme factorielle le produit $a\cdot(a+r)\cdot(a+2r)\ldots(a+m-1\cdot r)$ de m facteurs en progression arithmétique.

On désigne par $a^{m|r}$ la factorielle dont le premier facteur est a, le nombre des termes m et l'accroissement r; a est aussi appelé base, m le degré de la factorielle.

Il résulte de la définition de la factorielle, qu'on a

1°)... $a^{m|r}=(a+\overline{m-1}\cdot r)^{m|-r}$:

parce qu'il est indifférent de prendre le premier ou le dernier facteur pour base.

Comme on a

$$a^{(m+n)|r}=a(a+r)\ldots(a+\overline{m-1}\cdot r)\times(a+mr)(a+\overline{m+1}\cdot r)\ldots(a+\overline{m+n-1}\cdot r)$$

il s'ensuit que

2°)... $a^{(m+n)|r}=a^{m|r}\cdot(a+mr)^{n|r}$.

Comme, on peut échanger dans cette dernière identité les nombres m et n, on a aussi

3°)... $a^{(m+n)|r}=a^{m|r}\cdot(a+mr)^{n|r}=a^{n|r}\cdot(a+nr)^{m|r}$.

De cette dernière identité, en posant $n=0$, on déduit

4°)... $a^{m|r}=a^{m|r}\cdot(a+mr)^{0|r}=a^{0|r}\cdot a^{m|r}$,

c'est-à-dire

$$1=a+mr)^{0|r}=a^{0|r}.$$

Ainsi, quelle que soit la base, la factorielle dont le degré est zéro, est nécessairement égale à l'unité.

Si en 3)° on fait $n=-m$, il vient

5°)... $a^{0|r}=a^{m|r}\cdot(a+mr)^{-m|r}=a^{-m|r}\cdot(a-mr)^{m|r}$,

de là on déduit les transformations suivantes :

6°)... $a^{-m|r} = \frac{1}{(a-mr)^{m|r}}$, $(a+mr)^{-m|r} = \frac{1}{a^{m|r}}$.

67. Toute factorielle $a^{m|r}$ peut être développée suivant les puissances ascendantes de l'accroissement.

Donnons à ce développement la forme suivante

1)... $a^{m|r} = a^m + \theta_1 m \cdot a^{m-1} r + \theta_2 m \cdot a^{m-2} r^2 + \ldots$

$\theta_1 m$, $\theta_2 m$, $\theta_3 m$,... étant des fonctions de m, indépendantes de a et r.

En remplaçant m par $m+1$, on aura semblablement

a)... $a^{m+1|r} = a^{m+1} + \theta_1(m+1) \cdot a^m \cdot r + \theta_2(m+1) \cdot a^{m-1} \cdot r^2 + \ldots$
$+ \theta_3(m+1) \cdot a^{m-2} \cdot r^3 + \ldots$

Or, si dans l'expression 3°) on fait $n = 1$, on a

$$a^{m+1|r} = a(a+r)^{m|r} = a^{m|r} \cdot (a + mr).$$

Donc, on peut obtenir le développement a) de deux manières. En remplaçant dans l'expression 1) a par $a+r$, multipliant le tout par a, développant et ordonnant, on aura :

... $a^{m+1|r} = a^{m+1} + mC1 \left| \begin{matrix} a^m \cdot r + mC2 \\ + \theta_1 m \end{matrix} \right| \begin{matrix} + \theta_1 m \cdot \overline{m-1}\, C2 \\ + \theta_2 m \end{matrix} \left| \begin{matrix} a^{m-1} \cdot r^2 + mC3 \\ + \theta_1 m \cdot \overline{m-1}\, C2 \\ + \theta_2 m \cdot \overline{m-2}\, C1 \\ + \theta_3 m. \end{matrix} \right| \begin{matrix} a^{m-2} \cdot r^3 + \ldots \\ + \ldots \\ + \ldots \\ + \ldots \end{matrix}$

En multipliant l'expression 1) par $a+mr$, on trouvera :

c)... $a^{m+1|r} = a^{m+1} + (\theta_1 m + m) \cdot a^m \cdot r + (\theta_2 m + m \cdot \theta_1 m) \cdot a^{m-1} \cdot r^2 +$
$+ (\theta_3 m + m \cdot \theta_2 m) a^{m-2} r^3 + \ldots$

Cela posé, les développements en a), b) et c) étant identiques, on trouve, en égalant les coëfficients des mêmes puissances de r,

aa)... $\theta_1 m = mC2$,
$2 \cdot \theta_2 m = mC3 + \overline{m-1}\, C2 \cdot \theta_1 m$,
$3 \cdot \theta_3 m = mC4 + \overline{m-1}\, C3 \cdot \theta_1 m + \overline{m-2}\, C2 \cdot \theta_2 m$,
$4 \cdot \theta_4 m = mC5 + \overline{m-1}\, C4 \cdot \theta_1 m + \overline{m-2}\, C3 \cdot \theta_2 + \overline{m-3}\, C2 \cdot \theta_3 m$

bb)... $\theta_1(m+1) = \theta_1 m + m$,
$\theta_2(m+1) = \theta_2 m + m \cdot \theta_1 m$,
$\theta_3(m+1) = \theta_3 m + m \cdot \theta_2 m$,
$\theta_4(m+1) = \theta_4 m + m \cdot \theta_3 m$.

cc)... $\theta_1(m+1) = \theta_1 m + mC1$,
$\theta_2(m+1) = \theta_2 m + \overline{m-1}\, C1 \cdot \theta_1 m + mC2$,
$\theta_3(m+1) = \theta_3 m + \overline{m-2}\, C1 \cdot \theta_2 m + \overline{m-1}\, C2 \cdot \theta_1 m + mC3$,
$\theta_4(m+1) = \theta_4 m + \overline{m-3}\, C1 \cdot \theta_3 m + m - 2C2 \cdot \theta_2 m + \overline{m-1}\, C3 \cdot \theta_1 m + mC4$.

Les expressions en *aa*) permettent de passer d'un terme de la factorielle au suivant; celles en *bb*) de passer d'une factorielle à la suivante, dont le degré est d'une unité supérieure; enfin, celles en *cc*) ne sont que l'extension des expressions en *bb*).

68. Ne nous occupons que des lois *bb*); elles donnent :

$$0_1(m+1) - 0_1 m = m, \quad 0_2(m+1) - 0_2 m = m \cdot 0_1 m,$$
$$0_3(m+1) - 0_3 m = m \cdot 0_2 m, \ldots$$

c'est-à-dire

$$\Delta 0_1 m = m, \quad \Delta 0_2 m = m \cdot 0_1 m, \quad \Delta 0_3 m = m \cdot 0_2 m, \quad \Delta 0_4 m = m \cdot 0_3 m, \ldots$$

et par conséquent

$$0_1 m = \Sigma m,$$
$$0_2 m = \Sigma m \cdot 0_1 m = \Sigma m \Sigma m,$$
$$0_3 m = \Sigma m \cdot 0_2 m = \Sigma m \Sigma m \Sigma m,$$
$$0_4 m = \Sigma m \cdot 0_3 m = \Sigma m \Sigma m \Sigma m \Sigma m.$$
$$\ldots\ldots\ldots$$

Or, on a

$$\Sigma m \mathrm{C} n = m \mathrm{C} \overline{n+1},$$

et

$$\Sigma m \cdot m \mathrm{C} n = \Sigma \overline{m-n} \cdot m \mathrm{C} n + n \Sigma m \mathrm{C} n,$$

n étant constant; donc

$$\Sigma m \cdot m \mathrm{C} n = n \cdot m \mathrm{C} \overline{n+1} + \overline{n+1} \cdot m \mathrm{C} \overline{n+2}.$$

D'après cette dernière expression, on aura successivement :

a)... $0_1 m = \Sigma m \mathrm{C} 1 = m \mathrm{C} 2,$

$$0_2 m = \Sigma m \cdot m \mathrm{C} 2 = 2 \cdot m \mathrm{C} 3 + 3 m \mathrm{C} 4,$$
$$0_3 m = 2 \Sigma m \cdot m \mathrm{C} 3 + 3 \cdot \Sigma m \cdot m \mathrm{C} 4,$$
$$= 2(3 \cdot m \mathrm{C} 4 + 4 \cdot m \mathrm{C} 5) +$$
$$+ 3(4 \cdot m \mathrm{C} 5 + 5 \cdot m \mathrm{C} 6),$$
$$= 6 \cdot m \mathrm{C} 4 + 20 \cdot m \mathrm{C} 5 + 15 \cdot m \mathrm{C} 6,$$

etc. etc.

On intègre ici sans ajouter de constante, puisque les fonctions $0_1 m$, $0_2 m$, $0_3 m$,... s'évanouissent avec $m = 0$. D'après cette induction, il est aisé de conclure que l'expression générale des fonctions $0_1 m$, $0_2 m$, $0_3 m$,... affecte la forme

b)... $0_r m = a \cdot m \mathrm{C} r+1 + b \cdot m \mathrm{C} r+2 + c \cdot m \mathrm{C} r+3 + \ldots$

de sorte qu'en multipliant par m et en intégrant on aura :

$$c)\ldots\ 0_{r+1} m = a(r+1) \cdot m \mathrm{C} \overline{r+2} + (a+b)(r+2) \cdot m \mathrm{C} \overline{r+3} +$$
$$(b+c)(r+3) \cdot m \mathrm{C} \overline{r+4} + \ldots$$

Cette dernière expression c) laisse voir ce qu'il faut faire pour passer d'un terme de la factorielle $a^{m|r}$ au suivant. Ainsi, les

coëfficients $a, b, c, \ldots$ sont des multiples respectifs des nombres $r, r+1, r+2, \ldots$; en ajoutant deux de suite d'entre ceux coëfficients, comme on fait avec les nombres de combinaison pour former le triangle arithmétique de Pascal, et en multipliant les résultats par les facteurs respectifs $r+1$, $r+2$, $r+3$, on forme les coëfficients de la fonction $\theta_{r+1}m$.

D'après la loi *c*) on forme le tableau des fonctions θ, comme il suit :

d)...
$$\theta_1 n = 1.n\mathrm{C}2,$$
$$\theta_2 n = 2.n\mathrm{C}3 + 3.n\mathrm{C}4,$$
$$\theta_3 n = 6.n\mathrm{C}4 + 20.n\mathrm{C}5 + 14.n\mathrm{C}6,$$
$$\theta_4 n = 24.n\mathrm{C}5 + 130.n\mathrm{C}6 + 210.n\mathrm{C}7 + 105.n\mathrm{C}8,$$

et, plus particulièrement, le tableau des coëfficients numériques, sur lesquels se porte principalement l'attention, savoir :

e)... 1
2.3
6.20.15
24.130.210.105
120.924.2380.2520.945
720.7308.26432.44100.34650.10395
. . . . . .

Ainsi, après avoir formé la quatrième ligne de ces valeurs, on en déduit la cinquième en effectuant, dans la loi *c*), les opérations suivantes :

24	20	130	210	105
× 5	+130	+210	+105	×9
120	154	340	315	945
	×6	×7	×8	
	924	2380	2520	

et les résultats 120, 924, 2380, 2520, 945 sont précisément les nombres de la cinquième ligne en *e*); ainsi des autres.

69. Voici encore quelques particularités concernant les nombres *e*):

1° Comme on a, d'après 6° du n° 18,

$$a^{-n|1} = \frac{1}{(a-n)^{n|1}},$$

il s'ensuit, que pour $n=1$, on aura :

$$a^{-1|1} = \frac{1}{(a-1)^{1|1}} = \frac{1}{a-1} = \frac{1}{a}\left(1 + \frac{1}{a} + \frac{1}{a^2} + \ldots\right)$$

Par conséquent, si dans les expressions *d*) on fait $n=-1$, on aura :

$$\theta_1(-1)=1,$$
$$\theta_2(-1)=1=-2+3,$$
$$\theta_3(-1)=1=+6-20+15,$$
$$\theta_4(-1)=1=+120-924+2380-2520+945.$$

etc. etc.

Ainsi, les nombres *e*) jouissent de la propriété que la somme des termes des rangs impairs, moins la somme des termes de rangs pairs, donne $+1$ ou -1, selon que le rang de la ligne des nombres *e*) est impair ou pair.

2° D'après la propriété connue des factorielles si, dans les expressions *d*), on fait $n=\frac{1}{\infty}$, on a les nombres de Bernoulli, multipliés par $\frac{1}{\infty}$. En désignant ces nombres par θ_1, θ_2, θ_3,..., les expressions *d*) donnent :

$$f)\ldots\ -\theta_1=\infty\cdot\theta_1\left(\frac{1}{\infty}\right)=-\tfrac{1}{2},$$

$$-\theta_2=\infty\cdot\theta_2\left(\frac{1}{\infty}\right)=2\cdot\tfrac{1}{3}-3\cdot\tfrac{1}{4},$$

$$-\theta_3=\infty\cdot\theta_3\left(\frac{1}{\infty}\right)=-6\cdot\tfrac{1}{4}+20\cdot\tfrac{1}{5}-15\cdot\tfrac{1}{6},$$

$$-\theta_4=\infty\cdot\theta_4\left(\frac{1}{\infty}\right)=24\cdot\tfrac{1}{5}-150\cdot\tfrac{1}{6}+210\cdot\tfrac{1}{7}-105\cdot\tfrac{1}{8}.$$

etc. etc. etc.

On sait d'ailleurs que les nombres θ_1, θ_2, θ_3, θ_4,... jouissent de la propriété que tous ceux d'entre eux, qui affectent le numéro impair, à l'exception de θ_1, sont égaux à zéro.

3° Comme le développement de la factorielle $a^{n|r}$ et celui des nombres de Bernoulli dépend des nombres *e*) ; voyons ce qui en est. Représentons, pour cet effet, les termes de la 1re ligne des nombres *e*) par a_r, b_r, c_r,... de sorte que, d'après cette notation, on ait :

$$b_1=0,$$
$$c_1=0,\ c_2=0,$$
$$d_1=0,\ d_2=0,\ d_3=0,$$
$$\ldots\ldots$$

Cela posé, suivant la loi c), nous aurons :

$$a_1 = 1,\ a_2 = 2.a_1,\ a_3 = 3.a_2,\ a_4 = 4.a_3,\ldots$$

et généralement

$$aa)\ldots\ a_r = 1.2.3.4\ldots r = 1^{r|1}$$

De même

$$b_2 = 3.a_1,\ b_3 = 4(b_2 + a_2),\ b_4 = 5(b_3 + a_3),\ b_5 = (b_4 + a_4)\ldots$$

ou bien

$$b_2 = 3.a_1,\ b_3 = 4.a_2 + 4.3.a_1,\ b_4 = 5.a_3 + 5.4.a_2, + 5.4.3.a,\ldots$$

et généralement

$$bb)\ldots\ b_r = (r+1).\left\{a_{r-1} + r^{1|1-1}.a_{r-2} + r^{2|1-1}.a_{r-3} + \ldots + r^{r-2|1-1}.a_1\right\}$$

Pareillement,

$$c_3 = 5.b_2,\ c_4 = 6(b_3 + c_3),\ c_5 = 7(b_4 + c_4),\ c_6 = 8(b_5 + c_5),\ldots$$

ou bien

$$c_3 = 5.b_2,\ c_4 = 6.b_3 + 6.5.b_2,\ c_5 = 7.b_4 + 7.6.b_3 + 7.6.5.b_2,\ldots$$

et généralement

$$cc)\ldots\ c_r = (r+2)\left\{b_{r-1} + (r+1)^{1|1-1}.b_{r-2} + (r+1)^{2|1-1}.b_{r-3} + \ldots\right\}$$

et ainsi des autres. Les résultats *aa*), *bb*), *cc*),... fixent définitivement la nature des nombres *e*) ; on a :

$$a_r = 1^{r|1},$$

$$b_r = (r+1).\left\{a_{r-1} + r^{1|1-1}.a_{r-2} + r^{2|1-1}.a_{r-3} + r^{3|1-1}.a_{r-4} + \ldots\right\}$$

$$c_r = (r+2).\left\{b_{r-1} + (r+1)^{1|1-1}.b_{r-2} + (r+2)^{2|1-1}.b_{r-3} + (r+1)^{3|1-1}.b^{r-4} + \ldots\right\}$$

$$d_r = (r+3).\left\{c_{r-1} + (r+2)^{1|1-1}.c_{r-2} + (r+2)^{2|1-1}.c_{r-3} + (r+2)^{3|1-1}.c_{r-4} + \ldots\right\}$$

en se rappelant que ces développements finissent par les termes en a_1, b_2, c_3,... et n'ont ainsi que $r-1$, $r-2$, $r-3$,... termes.

4°) Définitivement on peut donner le développement de la factorielle $a^{m|\xi}$ et celui du nombre Bernoullien de la manière qui en fixe la forme et la nature ; les voici :

$$-a^n = \Sigma_1{}^{r=m}\Big\{[a_r = 1^{r|1}].nC\overline{r+1} +$$
$$+ [b_r = (r+1)(a_{r-1} + r^{1|1-1}.a_{r-2} + r^{2|1-1}.a_{r-3} + \ldots].nC\overline{r+2} +$$
$$+ [c_r = (r+2)(b_{r-1} + \overline{r+1}^{1|1-1}.b_{r-2} + (r+1)^{2|1-1}.b_{r-3} + \ldots].nC\overline{r+3} + \ldots$$
$$+ \ldots \qquad \ldots\Big\}\, a^{n-r}.\xi^r,$$

le signe $\Sigma_1{}^{r=n}$ désignant la somme prise par rapport à r, depuis $r=1$ jusqu'à $r=n$. Parcillement, on a :

$$(-1)^{r-1}\Big\{[a_r = 1^{r|1}].\frac{1}{r+1} +$$
$$- [b_r = (r+1)(a_{r-1} + r^{1|1-1}.a_{r-2} + r^{2|1-1}.a_{r-3} + \ldots)].\frac{1}{r+2} +$$
$$+ [c_r = (r+2)(b_{r-1} + (r+1)^{1|1-1}.b_{r-2} + (r+1)^{2|1-1}.b_{r-3} + \ldots)].\frac{1}{r+3} + \ldots\Big\}$$

§ VIII. — DES SOMMES SYMÉTRIQUES COMPOSÉES.

70. Les sommes symétriques, traitées dans le § VII, sont encore appelées *simples*, parce que le signe $S_{m,n}$ ne s'applique qu'à un monome $a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots$ formé d'un nombre n de lettres différentes a, b, c,... affectées des exposants quelconques α, β, γ,... chacune en particulier; mais, lorsque le signe $S_{m,n}$ s'applique à un polynome algébrique, formé des lettres a, b, c,..., la somme symétrique qui en provient, est à proprement dire, *somme symétrique composée.*

Ramener le calcul des sommes symétriques composées à celui des sommes symétriques simples, est le but de cet article.

Les règles, à l'aide desquelles, on ramène le calcul des sommes symétriques composées à celui des sommes symétriques simples, constituent, nécessairement, le *calcul des sommes symétriques.*

Voici les règles de ce calcul :

1° On prend la somme symétrique d'un polynome algébrique, en répartissant cette somme sur chaque terme.

2° Le signe et le coëfficient de chaque terme, se met en-dehors de la somme qui l'affecte.

3° Une somme symétrique est nécessairement *homogène*, c'est-à-dire la caractéristique $S_{m,n}$ s'applique toujours à un même nombre n des lettres différentes a, b, c,... quels que soient les exposants de ces lettres; s'il n'en est pas ainsi, c'est que les exposants de quelques-unes de ces lettres, ont été égalés à zéro.

4° En introduisant, sous le signe $S_{m,n}$ de chaque somme partielle, un nombre suffisant des lettres différentes, dont chacune se trouve affectée de l'exposant zéro, on rétablit l'*homogénéité.*

5° Cette dernière opération revient à grouper les sommes symétriques, selon le nombre des facteurs significatifs, qu'elles comprennent réellement, de sorte que si le nombre de ces facteurs est successivement n, $n-1$, $n-2$,..., après avoir affecté ces sommes partielles des coëfficients numériques correspondants 1, $m-n+1$, $(m-n+1)(m-n)$, ..., selon ce qui en a été dit, N° 63, 5°, le calcul des sommes symétriques se ramène à celui des sommes symétriques simples.

Pour faire voir la portée de ces règles, dont l'ensemble constitue, à proprement parler, le calcul des sommes symétriques,

nous prendrons quelques exemples des transformées des équations algébriques.

71. Trouver la transformée, dont les racines soient les sommes des racines de la proposée, prises deux à deux, et qui soient multipliées respectivement par h et k, de sorte que si, sur m racines de la proposée deux quelconques sont désignées par a et b, il en résulte pour la transformée deux racines correspondantes $ha+kb$ et $ka+hb$?

Ce problème comprend, comme cas particuliers, ceux des transformées aux sommes et aux différences des racines de la proposée, prises deux à deux.

Pour résoudre ce problème, on pose

$$S_{m,2}(ha+kb)^n = S_{m,2}\left\{h^n a^n + nC1.h^{n-1}k.a^{n-1}b + nC2.h^{n-2}k^2.a^{n-2}b^2 + \ldots \right.$$
$$\left. \ldots + nC2.h^2k^{2-n}.a^2b^{n-2} + nC1.hk^{n-1}.ab^{n-1} + k^n b^n \right\}$$

ou bien

$$a)\ldots\ S_{m,2}(ha+kb)^n = h^n S_{m,2}a^n + nC1.h^{n-1}k\,S_{m,2}a^{n-1}b + nC2.h^{n-2}k^2 S_{m,2}a^{n-2}b^2 + \ldots$$
$$\ldots + nC2.h^2k^{n-2}S_{m,2}a^2b^{n-2} + nC1.hk^{n-1}\,S_{m,2}ab^{n-1} + k^n S_{m,2}b^n.$$

Or, d'après le N° 62, on a :

$$S_{m,2}a^n = (m-1)s_n,\ S_{m,2}a^{n-1}b = s_{n-1}s_1 - s_n,\ S_{m,2}a^{n-2}b^2 = s_{n-2}s_2 - s_n, \ldots$$

donc, en substituant en réunissant les termes à égale distance des extrêmes, il vient

$$S_{m,2}(ha+kb)^n = (m-1)(h^n+k^n)s_n + nC1.hk(h^{n-2}+k^{n-2}).(s^{n-2}s_1 - s_n) +$$
$$+ nC2.h^2k^2(h^{n-4}+k^{n-4}).(s_{n-2}s_2 - s_n) + \ldots$$

ou bien

$$b)\ldots\ S_{m,2}(ha+kb)^n = \left\{m(h^n+k^n) - (h+k)^n\right\}s + nC1.hk(h^{n-2}+k^{n-2})s_{n-1}s_1 +$$
$$+ nC2.h^2k^2.(h^{n-2}+k^{n-4})s_{n-2}.s_2 + \ldots$$

En posant $n=1, 2, 3, 4, \ldots$ on a les sommes des puissances $1, 2, 3, 4, \ldots$ des racines de la transformée cherchée, savoir :

$$c)\ldots\ S_{m,2}(ha+kb)^1 = \left\{m(h^1+k^1) - (h+k)^1\right\}s_1,$$
$$S_{m,2}(ha+kb)^2 = \left\{m(h^2+k^2) - (h+k)^2\right\}s_2 + 2C1.hk.s_1^2,$$
$$S_{m,2}(ha+kb)^3 = \left\{m(h^3+k^3) - (h+k)^3\right\}s_3 + 3C1.hk(h+k).s_2s_1,$$
$$S_{m,2}(ha+kb)^4 = \left\{m(h^4+k^4) - (h+k)^4\right\}s_4 + 4C1.hk(h^2+k^2).s_3s_1 +$$
$$+ 4C2.h^2k^2.s_2^2,$$
$$\text{etc.,} \qquad \text{etc.}$$

La formule *b*) prête à défaut, quand on y fait $n=0$. En effet, on aurait, dans cette hypothèse,

$$S_{m,2}(ha+kb)^0=(m.2-1)s_0=(2m-1)m$$

tandis qu'on devrait trouver $m(m-1)$ ce qui est le nombre des racines et par conséquent le degré de la transformée. Ce paradoxe vient de ce que, si dans le développement *a*) on suppose $n=0$ ou bien $n=\frac{1}{\infty}$ (un infiniment petit), tout se réduit au seul premier terme

$$h^0 S_{m,2}a^0=h^0 S_{m,2}a^0b^0=m(m-1).$$

Les formules *c*) donnent la solution du problème proposé en ce sens qu'on a les sommes des puissances semblables des racines de la transformée cherchée.

Les formules *c*), lorsqu'on y fait $h=k=1$, donnent les sommes des puissances semblables des racines de la transformée, dans laquelle chaque racine est la somme des deux racines quelconques de la proposée, savoir :

$$S_{m,2}(a+b)^1=2(m-1).s_1,$$
$$S_{m,2}(a+b)^2=2(m-2).s_2+2C1.s_1^2,$$
$$S_{m,2}(a+b)^3=2(m-2^2).s_3+2.3C1.s_2s_1,$$
$$S_{m,2}(a+b)^4=2(m-2^3).s_4+2.4C1.s_3s_1+4C2.s_2^2,$$
$$S_{m,2}(a+b)^5=2(m-2^4).s_5+2.5C1.s_4s_2+2.5C2.s_3s_2,$$

etc. etc.

Le degré de la transformée est ici, comme précédemment $m(m-1)$. Mais, si l'on observe que les racines de la transformée sont, deux à deux, égales, puisque l'une étant $a+b$, l'autre est $b+a$, le degré de cette transformée peut être réduit à $\frac{1}{2}.m(m-1)$ en posant :

$$S_{m,2}(a+b)^n=1.2.f_{m,2}(a+b)^n;$$

par suite de quoi, on aura :

$$f_{m,2}(a+b)^1=(m-1).s_1,$$
$$f_{m,2}(a+b)^2=(m-2).s_2+\tfrac{1}{2}.2C1s_1^2,$$
$$f_{m,2}(a+b)^3=(m-2^2).s_3+3C1.s_2s_1,$$
$$f_{m,2}(a+b)^4=(m-2^3).s_4+4C1.s_3s_1+\tfrac{1}{2}.4C2.s_2^2,$$
$$f_{m,2}(a+b)^5=(m-2^4)s_5+5C1.s_4s_1+5C2.s_3s_2,$$

etc., etc.

Si $h=1$, $k=-1$, les formules *c*) donnent les sommes des puis-

sances semblables aux différences des racines de la proposée ; prises deux à deux, savoir :

$$S_m(a-b)^2 = ms_2 - s_1^2 ,$$
$$S_m(a-b)^4 = ms_4 - 4s_3s_1 + 3s_1^2 ,$$
$$S_m(a-b)^6 = ms_6 - 6s_5s_1 + 15s_4s_2 - 10s_3^2 ,$$
$$S_m(a-b)^8 = ms_8 - 8s_7s_1 + 28s_6s_2 - 56s_5s_3 + 35s_4^2 ,$$

etc. etc.

Le degré de la transformée est ici $m(m-1)$; mais, les sommes des puissances impaires des racines étant zéro, on peut ramener le degré de cette transformée à $\frac{1}{2}m(m-1)$ et arriver à ce qu'on nomme équation au carré des différences des racines.

72. Trouver la transformée, dont les racines soient les sommes des racines de la proposée, prises trois à trois, et multipliées respectivement par h, k, l, de sorte que si trois quelconques sur m racines de la proposée sont désignées par a, b, c, on ait six racines correspondantes pour la transformée, savoir $ha+kb+lc$, $ha+kb+lc$, $ka+hb+lc$, $ka+lb+hc$, $la+hb+kc$, $la+kb+lc$?

Ce problème comprend, comme cas particulier, celui où l'on veut former la transformée avec les sommes des racines de la proposée prises trois à trois.

On a

$$S^{m,2}(ha+kb+lc)^1 = hS_{m,3}a + kS_{m,3}b + lS_{m,3}c ,$$
$$= (m-1)(m-2)(h+k+l)s_1 ,$$
$$S_{m,3}(ha+kb+lc)^2 = h^2S_{m,3}a^2 + k^2S_{m,3}b^2 + l^2S_{m,3}c^2 + 2hkS_{m,3}ab + 2hlS_{m,3}ac + 2klS_{m,3}bc =$$
$$= (m-2)\left\{(m-1)(h^2+k^2+l^2)s_2 + 2(hk+hl+kl)(s_1^2 - s_2)\right\}$$
$$S_{m,3}(ha+kb+lc)^3 = h^3S_{m,3}a^3 + k^3S_{m,3}b^3 + l^3S_{m,3}c^3 + 3h^2kS_{m,3}a^2b + 3hk^2S_{m,3}ab^2 + 3k^2lS_{m,3}a^2c + 3hl^2S_{m,3}ac^2 + 3kl^2S_{m,3}bc^2 + \ldots + 3k^2lS_{m,3}b^2c + 6hklS_{m,3}abc ,$$
$$= (h^3+k^3+l^3)(m-1)(m-2)s_3 + 3(h^2k+hk^2k^2l+lk^2 +$$
$$= hl^2+h^2l(m-2)(s_2s_1 - s_3) + 6hkl(s_1^3 - 3s_1s_2 + 2s_3) ,$$

etc. etc.

Ce problème ne présente d'autre difficulté que celle de la formation des puissances successives du trinome $ha+kb+lc$.

Si $h=k=l=1$, on a :

$$S_{m,3}(a+b+c)^1 = 3(m-1)(m-2)s_1 ,$$
$$S_{m,3}(a+b+c)^2 = (m-2)\left\{3(m-1)s_2 + 6(s_1^2 - 2s_2)\right\} ,$$

$$S_{m,3}(a+b+c)^3 = 3(m-1)(m-2)s_3+18(m-2)(s_2s_1-s_3)+ \\ +6(s_1^3-3s_1s_2+s_1),$$

etc. etc.

Le degré de la transformée est ici $m(m-1)(m-2)$. Mais, si l'on observe que les six racines du cas général n'en font qu'une, on pourra réduire le degré de la transformée à $\frac{1}{6}m(m-1)(m-2)$ en posant :

$$S_{m,3}(a+b+c)^n = 6f_{m,3}(a+b+c)^n ;$$

d'où résultent les formules suivantes :

$$f_{m,3}(a+b+c)^1 = \tfrac{1}{2}(m-1)(m-2)s_1$$
$$f_{m,3}(a+b+c)^2 = \tfrac{1}{2}(m-1)(m-2)s_2+(s_1^2-s_2),$$
$$f_{m,3}(a+b+c)^3 = \tfrac{1}{2}(m-1)(m-2)s_3+3(m-2)(s_2s_1-s_3)+ \\ +(s_1^3-3s_1s_2+2s_3),$$

etc., etc.

lesquelles donnent les sommes de puissances semblables des racines que l'on forme, en ajoutant, trois à trois, celles de la proposée.

Pour généraliser ces formules, observons 1° que le développement de la puissance n^e du trinome $a+b+c$, est de la forme

$$(a+c+b)^n = \Sigma \frac{1^{|n|}}{1^{\alpha|1}.1^{\beta|1}.1^{\gamma|1}} . a^\alpha b^\beta c^\gamma$$

en étendant le signe Σ à toutes les valeurs entières et positives de α, β, γ qui satisfont à l'égalité $\alpha+\beta+\gamma=n$; 2° comme les sommes symétriques qui frappent les mêmes exposants sont identiques, en désignant par (α,β,γ) le nombre d'arrangements que l'on peut faire avec trois objets, désignés par α,β,γ, de manière à avoir :

$$(\alpha,0,0) = 3,$$
$$(\alpha,\beta,0) = 6,$$
$$(\alpha,\alpha,0) = 3,$$
$$(\alpha,\beta,\gamma) = 6,$$
$$(\alpha,\beta,\beta) = 3,$$
$$(\alpha,\alpha,\alpha) = 1,$$

le zéro étant employé pour marquer l'objet non spécifié, la somme symétrique en question, sera

$$S_{m,3}(a+b+c)^n = \Sigma \left\{ (\alpha,\beta,\gamma) \cdot \frac{1^{|n|}}{1^{\alpha|1}.1^{\beta|1}.1^{\gamma|1}} . S_{m,3}a^\alpha b^\beta c^\gamma \right\} =$$

$$= \Sigma \left\{ (\alpha,\beta,\gamma) \cdot \frac{1^{n|1}}{1^{\alpha|1}.1^{\beta|1}.1^{\gamma|1}} \left(.s_\alpha s_\beta s_\gamma - s_{\alpha+\beta} s_\gamma + 2s_n \right) \right.$$
$$\left. - s_{\alpha+\gamma} s_\beta \right.$$
$$\left. - s_{\beta+\gamma} s_\alpha \right\}$$

Il ne reste, dans la résolution de l'équation indéterminée $\alpha+\beta+\gamma=n$, que de suivre l'ordre le plus naturel pour opérer la partition d'un nombre n en sommes composées de un, deux, trois nombres plus simples.

Soit proposé, pour fixer les idées, de former la somme des puissances 10^{es} des racines de la transformée qui nous occupe. Après avoir fait la partition du nombre 10 en sommes, composées de un, deux et trois nombres plus simples, comme il suit :

a_{10}, $a_1a_9 + a_2a_8 + a_3a_7 + a_4a_6 + a_5a_5$,

$a_1a_1a_8 + a_1a_2a_7 + a_1a_3a_6 + a_1a_4a_5 + a_2a_2a_6 + a_2a_3a_5 + a_2a_4a_4 + a_3a_3a_4$,

la somme symétrique en question, sera

$$S_{m,3}(a+b+c)^{10} = 3(m-1)(m-2) \cdot s_{10} +$$
$$+ (m-2)\{6 \cdot 10(s_1s_9 - s_{10}) + 6 \cdot 45(s_2s_8 - s_{10}) +$$
$$+ 6 \cdot 120(s_3s_7 - s_{10}) + 6 \cdot 210(s_4s_6 - s_{10}) +$$
$$+ 3 \cdot 252(s_5^2 - s_{10})\} +$$
$$+ 3 \cdot 90 s_1s_1s_8 - 2s_1s_9 - s_2s_8 + 2s_{10},$$
$$+ 3 \cdot 360(s_1s_2s_7 - s_3s_7 - s_2s_8 - s_1s_9 + 2s_{10}) +$$
$$+ 6 \cdot 480(s_1s_3s_6 - s_4s_6 - s_3s_7 - s_1s_9 + 2s_{10}) +$$
$$+ 6 \cdot 1260(s_1s_4s_5 - s_1s_9 - s_4s_6 - s_5s_5 + 2s_{10}) +$$
$$+ 3 \cdot 1260(s_2s_2s_6 - 2s_2s_8 - s_4s_6 + 2s_{10}) +$$
$$+ 6 \cdot 2520(s_2s_3s_5 - s_2s_8 - s_3s_7 - s_5^2 + 2s_{10})$$
$$+ 3 \cdot 3150(s_2s_2s_4 - 2s_4s_6 - s_2s_8 + 2s_{10}) +$$
$$+ 3 \cdot 4200(s_3s_3s_4 - 2s_3s_7 - s_4s_6 + 2s_{10}).$$

S'il ne s'agit que des sommes distinctes, et par conséquent de la transformée, dont les racines ne se répètent pas, on posera :

$$S_{m,3}(a+b+c)^n = 6 \cdot f_{m,3}(a+b+c)^n,$$

et l'expression $f_{m,3}$ sera la somme des puissances semblables des racines en question.

73. L'expression des sommes symétriques, donnée N° 62 et suivants, s'applique nécessairement au cas, où les exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ seraient tous négatifs, ou quelques-uns d'entre eux seulement.

Pour démontrer cette proposition, il faut se servir évidemment du même raisonnement que celui que nous avons employé, N° 61.

Cette extension des sommes symétriques permet d'établir plusieurs relations entre les sommes des puissances positives et négatives, que l'on chercherait vainement par une autre voie; et ces relations sont d'autant plus précieuses qu'elles peuvent servir de preuve au calcul des sommes des puissances semblables, construites à l'aide de l'échelle de relation, donnée par Newton.

Soit, par exemple, proposé de construire la transformée dont les racines sont les quotients de deux quelconques de l'équation donnée. On a :

$$S_{m,2}(ab^{-1})^n = S_{m,2}\, a^n b^{-n} = s_n s_{-n} - s_0 = s_n s_{-n} - m.$$

D'une autre part, si l'on observe que

$$S_{m,2}(a^n b^{-n}) = \left(\frac{a}{b}\right)^n + \left(\frac{b}{a}\right)^n + \left(\frac{a}{c}\right)^n + \left(\frac{c}{a}\right)^n + \ldots = \frac{a^{2n}b^n + a^n b^{2n} + \ldots}{(abc\ldots)^n}$$

donc

$$S_{m,2}(a^n b^{-n}) = \frac{S_{m,2}(a^{2n}b^n)}{(S_{m,m}abc\ldots)^n} = \frac{s_{2n}s_n - s_{3n}}{a^n b^n c^n \ldots}.$$

En comparant ces résultats, on trouve :

$$s_n s_{-n} - m = \frac{s_{2n}s_n - s_{3n}}{(abc\ldots)^n};$$

d'où l'on tire :

$$s_{3n} = s_{2n}s_n - (s_n s_{-n} - m)\cdot(abc\ldots)^n$$

$abc\ldots$ étant le produit des racines de la proposée. On voit, par cette dernière formule, qu'on peut faire dépendre la somme S_{3n} des trois autres S_{2n}, s_n et s_{-n}, tandis que, d'après la Méthode de Newton, toute somme en dépend généralement de m autres, m étant le degré de l'équation. Ainsi, après avoir calculé les m sommes $s_{-1}, s_{-2}, s_{-3}, \ldots s_{-m}$, la formule tantôt posée permettra de calculer les autres sommes, comprises dans l'intervalle qui s'étend depuis 1 jusqu'à $3n$.

Il en est de même de plusieurs autres propositions du même genre.

74. Il nous reste encore à parler des sommes symétriques des fractions rationnelles, formées d'après une loi, avec les racines de la proposée.

Soit proposé de construire la transformée, dont chaque racine est une fraction rationnelle, telle que $\frac{ab}{a+b}$ des deux quel-

conques a et b désignées parmi les m racines de la proposée.

On a :

$$S_{m,n}\left(\frac{ab}{a+b}\right)^n = \left(\frac{ab}{a+b}\right)^n + \left(\frac{ac}{a+c}\right)^n + \left(\frac{ad}{a+d}\right)^n + \dots$$

de sorte qu'en réduisant au même dénominateur, il vient :

$$S_{m,n}\left(\frac{ab}{a+b}\right)^n = \frac{a^n b^n (a+c)^n (a+d)^n \dots + a^n c^n (a+b)^n (a+d)^n \dots}{(a+b)^n (a+c)^n (a+d)^n \dots}$$

et par conséquent,

$$S_{m,n}\left(\frac{ab}{a+b}\right)^n = \frac{S_{m,m}\, a^n b^n (a+c)^n (a+d)^n \dots}{[S_{m,m}(a+b)(a+c)(a+d)\dots]^n}.$$

Il en est de même des autres expressions.

§ IX. — LOI DES PRODUITS DES INFINITONOMES.

75. Soit proposé d'effectuer le produit de plusieurs infinitonomes de la forme

$$\varphi_a = 1 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \dots$$
$$\varphi_b = 1 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3 + \dots$$
$$\varphi_c = 1 + c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3 + \dots$$
$$\dots\dots\dots\dots$$

On a d'abord

$$\varphi_a \cdot \varphi_b = 1 + (a_1 + b_1)x + (a_2 + a_1 b_1 + b_2)x^2 + (a_3 + a_2 b_1 + a_1 b_2 + b_3)x^3 + \dots$$

Convenons de désigner par $t2_n$ le coëfficient du terme en x^n de ce produit et de nommer *somme combinatoire seconde* l'expression que voici :

$$t2_n = a_n + a_{n-1} b_1 + a_{n-2} b_2 + \dots + a_2 b_{n-2} + a_1 b_{n-1} + b_n,$$

et nous aurons :

$$\varphi_a \cdot \varphi_b = 1 + t2_1 \cdot x + t2_2 \cdot x^2 + t2_3 \cdot x^3 + t2_4 \cdot x^4 + \dots$$

Multiplions ce dernier produit par φ_c et nous aurons de nouveau :

$$\varphi_a \cdot \varphi_b \cdot \varphi_c = 1 + (t2_1 + c_1) \cdot x + (t2_2 + t2_1 \cdot c_1 + c_2) \cdot x^2 + \\ + (t2_3 + t2_2 \cdot c_1 + t2_1 \cdot c_2 + c_3) x^3 + \dots$$

Convenons de désigner par $t3_n$ le coëfficient du terme en x^n de ce produit et de nommer *somme combinatoire troisième* l'expression

$$t3_n = t2_n + t2_{n-1} \cdot c_1 + t2_{n-2} \cdot c_2 + \dots + t2_2 \cdot c_{n-2} + t2_1 \cdot c_{n-1} + c_n ;$$

et ainsi des autres *sommes combinatoires.*

76. Il est aisé de cette construction déduire les conséquences suivantes :

1° La somme combinatoire $t2_n$ se compose de $n+1$ termes irréductibles ; la somme combinatoire $t3_n$ se compose de $(n+1)+n+(n-1)+\ldots+3+2+1$, c'est-à-dire de $\frac{n+1}{1}\cdot\frac{n+2}{2}$ termes irréductibles ; et ainsi de suite. En continuant de la sorte, on verra que les sommes combinatoires $t2_n$, $t3_n$, $t4_n$,... tr_n offrent successivement :

$$n+1,\ \frac{n+1}{1}\cdot\frac{n+2}{2},\ \frac{n+1}{1}\cdot\frac{n+2}{2}\cdot\frac{n+3}{3},\ \ldots\ \frac{n+1}{1}\cdot\frac{n+2}{2}\ \ldots\ \frac{n+r-1}{r-1}$$

termes irréductibles.

77. La construction de la somme combinatoire tr_n dépend :

1° De la partition du numéro de la somme ;

et 2° de la distribution des lettres $a, b, c, d,\ldots$ entre les places assignées par les groupes de la partition du numéro.

La partition du numéro n consiste à décomposer le nombre n en sommes des autres nombres plus simples, en les prenant 1 à 1, 2 à 2, 3 à 3,... n à n.

Pour fixer les idées sur la partition du nombre n, prenons dix lettres, telles que

$$a_1,\ a_2,\ a_3,\ a_4,\ a_5,\ a_6,\ a_7,\ a_8,\ a_9,\ a_{10}$$

numérotées d'après le rang qu'elles occupent dans la suite, et proposons-nous de former les agrégats de un, deux, trois,... dix facteurs des lettres désignées, de manière que la somme des numéros soit toujours égale à 10.

Il est d'abord évident qu'il n'y a qu'une lettre dans l'agrégat d'une lettre : c'est a_{10}.

L'agrégat des deux lettres comporte cinq termes, savoir :

$$a_1a_9 + a_2a_8 + a_3a_7 + a_4a_6 + a_5a_5.$$

Pour former l'agrégat de trois lettres, multiplions l'agrégat tantôt posé par a_1, a_2, a_3,.... à partir du premier, second, troisième,... termes, tout en ayant soin de diminuer le numéro de la dernière lettre, de manière que la somme des numéros, soit toujours égale à 10. Il est évident que, dans cette opération, il ne faut conserver que les termes, dans lesquels le numéro de la dernière lettre soit le plus grand, ou, au plus égal à celui de l'avant-dernière. En procédant de la sorte, nous aurons la partition du nombre 10 en trois autres plus simples, savoir :

$$a_1a_1a_8 + a_1a_2a_7 + a_1a_3a_6 + a_1a_4a_5$$
$$+ a_2a_2a_6 + a_2a_3a_5 + a_2a_4a_4$$
$$+ a_3a_3a_4.$$

Ainsi des autres.

Résumons tous ces résultats et écrivons la partition du nombre 10, distribuée en groupes de un, deux, trois,... facteurs, savoir :

I. a_{10}

II. $a_1a_9 + a_2a_8 + a_3a_7 + a_4a_6 + a_5a_5$

III. $a_1a_1a_8 + a_1a_2a_7 + a_1a_3a_6 + a_1a_4a_5 + a_2a_2a_6 + a_2a_3a_5$
$+ a_2a_4a_4 + a_3a_3a_4$

IV. $a_1a_1a_1a_7 + a_1a_1a_2a_6 + a_1a_1a_3a_5 + a_1a_1a_4a_4 + a_2a_2a_2a_4$
$+ a_2a_2a_3a_3 + a_1a_2a_2a_5 + a_1a_2a_3a_4$

V. $a_1a_1a_1a_1a_6 + a_1a_1a_1a_2a_5 + a_1a_1a_1a_3a_4 + a_1a_1a_2a_2a_4$
$+ a_1a_1a_2a_3a_3 + a_1a_2a_2a_2a_3 + a_2a_2a_2a_2a_2$

VI. $a_1a_1a_1a_1a_1a_5 + a_1a_1a_1a_1a_2a_4 + a_1a_1a_1a_1a_3a_3 + a_1a_1a_1a_2a_2a_3$
$+ a_1a_1a_2a_2a_2a_2$

VII. $a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_4 + a_1a_1a_1a_1a_1a_2a_3 + a_1a_1a_1a_1a_2a_2a_2$

VIII. $a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_3 + a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_2a_2$

IX. $a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_2$

X. $a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_1a_1$.

Maintenant, sans rien changer à la place des numéros, dans chacun des groupes I, II, III,... X de la partition, remplaçons la seconde lettre par b, la troisième par c,... et nous aurons le tableau, dont nous nous servirons dans la distribution des lettres.

I. a_{10}

II. $a_1b_9 + a_2b_8 + a_3b_7 + a_4b_6 + a_5b_5$

III. $a_1b_1c_8 + a_1b_2c_7 + a_1b_3c_7 + a_1b_4c_5 + a_2b_2c_6 + a_2b_3c_5 + a_2b_4c_4$
$+ a_3b_3c_4$

IV. $a_1b_1c_1d_7 + a_1b_1c_2d_6 + a_1b_1c_3d_5 + a_1b_1c_4d_4 + a_1b_2c_2d_5 +$
$+ a_1b_2c_3d_4 + a_1b_3c_3d_3 + a_2b_2c_2d_4 + a_2b_2c_4d_4$

V. $a_1b_1c_1d_1e_6 + a_1b_1c_1d_2e_5 + a_1b_1c_1d_3e_5 + a_1b_1c_2d_2e_4$
$+ a_1b_1c_2d_3e_3 + a_1b_2c_2d_2e_3 + a_2b_2c_2d_2e_2$

VI. $a_1b_1c_1d_1e_1f_5 + a_1b_1c_1d_1e_2f_4 + a_1b_1c_1d_1e_3f_3 + a_1b_1c_1d_2e_2f_3$
$+ a_1b_1c_2d_2e_2f_2$

VII. $a_1b_1c_1d_1e_1f_1g_4 + a_1b_1c_1d_1e_1f_2g_3 + a_1b_1c_1d_1e_2f_2g_2$

VIII. $a_1b_1c_1d_1e_1f_1g_1h_3 + a_1b_1c_1d_1e_1f_1g_2h_2$

IX. $a_1b_1c_1d_1e_1f_1g_1h_1i_2$

X. $a_1b_1c_1d_1e_1f_1g_1h_1i_1k_1$.

78. Ce tableau de la partition étant achevé, on procédera à la *distribution des lettres*. Cette dernière opération consiste dans la répartition de r lettres $a, b, c, d, \ldots r$ entre les places indiquées par les numéros de la partition. Supposons, pour fixer les idées que, dans le tableau de la partition du numéro n, on trouve un arrangement de i lettres, affectées chacune d'un numéro différent ; et désignons par

$$\mathrm{S}\cdot a_\alpha b_\beta c_\gamma d_\delta \ldots$$

l'opération qu'il faut exécuter pour retrouver la somme combinatoire de tous les termes ayant les numéros $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \ldots$ et qui se trouvent dans le produit de r infinitonomes $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c, \ldots$ Il est évident que la somme combinatoire, désignée tantôt par S, consiste à faire tous les arrangements possibles de r lettres $a, b, c, \ldots r$, en les prenant r à r et de donner ensuite aux lettres comprises dans chaque arrangement les numéros $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ dans l'ordre et succession invariables. La somme S, dont il est question, comprend autant de termes qu'il y a d'arrangements de r lettres, prises i à i, savoir :

$$r\mathrm{A}i = r(r-1)(r-2)\ \ldots\ (r-i+1) = r^{\underline{i}|-1}.$$

Supposons maintenant que, dans la somme combinatoire

$$\mathrm{S}\cdot a_\alpha b_\beta c_\gamma d_\delta \ldots h_\eta \cdot k_\eta \ldots$$

comprenant i numéros, on ait u numéros différents, suivis de v numéros égaux. Pour opérer cette somme combinatoire, il faut former tous les arrangements de r lettres $a, b, c, d, \ldots r$, en les prenant u à u, et à droite de chacun de ces arrangements mettre les combinaisons de $r-u$ restantes, prises v à v. De cette formation on conclut que, le nombre total des termes de la somme combinatoire en question, est

$$r\mathrm{A}u \cdot r-u\mathrm{C}v = r^{\underline{u}|-1} \cdot \frac{(r-u)^{\underline{v}|-1}}{1^{\underline{v}|1}} = \frac{r^{\underline{u+v}|-1}}{1^{\underline{v}|1}} = \frac{r^{\underline{i}|-1}}{r^{\underline{v}|1}}$$

à cause de $u+v=i$. S'il y a une somme combinatoire S, telle que

$$\mathrm{S}\cdot a_\alpha b_\beta c_\gamma d_\delta \ldots h_\eta k_\eta \ldots p_\zeta q_\zeta \ldots$$

composée de i numéros, et dans laquelle on compte u numéros différents, suivis de v numéros égaux à η et de w numéros égaux à ζ, la formation de cette somme combinatoire consiste à faire d'abord tous les arrangements possibles de r lettres $a, b, c, \ldots r$, prises u à u; de mettre ensuite à droite de chaque arrangement les combinaisons de $r-u$ lettres restantes, prises v à v; et à droite de

ces nouveaux arrangements mettre les combinaisons de $r-u-v$ lettres restantes, prises w à w. Après avoir fait ces arrangements, on affectera les lettres, qui y sont employées, des numéros $\alpha, \beta, \gamma, \ldots \eta, \eta, \ldots \zeta, \zeta$ dans l'ordre et succession invariables. Cette formation de la somme combinatoire en question indique que le nombre des termes, qui y sont compris, est donné par

$$rAu\cdot\overline{r-u}\,Cv\cdot\overline{r-u-v}\,Cw=r^{w_l-1}\cdot\frac{(r-u)^{v_l-1}}{1^{v_l1}}\cdot\frac{(r-u-v)^{w_l-1}}{1^{w_l1}}$$

$$=\frac{r^{u_l+v_l+w_l-1}}{1^{v_l1}.1^{w_l1}}=\frac{r^{i_l-1}}{1^{v_l1}.1^{w_l1}}$$

à cause de $i=u+v+w$.

Ainsi des autres sommes combinatoires.

79. Observons maintenant que, lorsqu'on connaît la partition du numéro, telle qu'elle a été donnée pour la somme 10, on a en quelque sorte l'expression générale du coëfficient du terme en x^{10}, dans le produit d'un nombre quelconque des infinitonomes; car, le tout consiste dans la distribution des lettres entre les numéros de la partition. Il est aussi aisé de remarquer que, si le nombre des lettres employées est successivement 1, 2, 3, ... et moindre que le numéro de la partition, le coëfficient du terme x^n, n'aura successivement que les groupes I, II, III, ... de la partition.

§ X. — DES SOMMES SYMÉTRIQUES DES RACINES DE L'UNITE ET DE L'ÉQUATION AUX PUISSANCES DES RACINES.

80. Nous nous sommes déjà occupés, § 2 de ce Mémoire, de l'équation aux puissances des racines de la proposée, en tant qu'il ne s'agit que du calcul numérique nécessaire pour arriver au résultat; mais, pour ce qui concerne la *loi immédiate* de la construction de ces sortes d'équations, nous n'en connaissons que le coëfficient du second terme, puisque nous sommes en état, de donner la somme des puissances n^{es} des racines de la proposée, exprimée en fonction des coëfficients de cette dernière.

Il existe néanmoins une loi, ou plutôt un ensemble de lois, qui embrasse la construction de tous les coëfficients de la transformée aux puissances des racines de la proposée; et c'est de cette loi que nous allons nous occuper, tout en complétant les notions que nous en avons données, § 2 de ce Mémoire.

Soit une équation

$$\varphi = 0 = 1 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \ldots$$

du degré m en x. Si l'on y remplace x par $z^{\frac{1}{r}}$, comme on a réciproquement $z = x^r$, il s'ensuit que les racines de la transformée

$$\psi_r = 0 = 1 + a_1 z^{\frac{1}{r}} + a_2 z^{\frac{2}{r}} + a_3 z^{\frac{3}{r}} + \ldots$$

sont les puissances r^{es} de celles de la proposée. Mais il y a r pareilles transformées, puisque à la place de $z^{\frac{1}{r}}$, on peut mettre successivement

$$\rho z^{\frac{1}{r}},\ \rho^2 z^{\frac{1}{r}},\ \rho^3 z^{\frac{1}{r}},\ \ldots\ \rho^r z^{\frac{1}{r}},$$

$\rho, \rho^2, \rho^3, \ldots\ \rho^r$ étant les r racines de l'équation binome $\rho^r = 1$. D'où il suit que l'équation aux puissances r^{es} des racines de la proposée, est à proprement dire, le produit de r équations suivantes :

$$\psi_1 = 0 = 1 + a_1 \rho z^{\frac{1}{r}} + a_2 \rho^2 z^{\frac{2}{r}} + a_3 \rho^3 z^{\frac{3}{r}} + \ldots$$

$$\psi_2 = 0 = 1 + a_1 \rho^2 z^{\frac{1}{r}} + a_2 \rho^4 z^{\frac{2}{r}} + a_3 \rho^6 z^{\frac{3}{r}} + \ldots$$

. . . . . .

$$\psi_r = 0 = 1 + a_1 \rho^r z^{\frac{1}{r}} + a_2 \rho^{2r} z^{\frac{2}{r}} + a_3 \rho^{3r} z^{\frac{3}{r}} + \ldots$$

Nous pouvons actuellement rattacher le produit $\psi = \psi_1 \psi_2 \ldots \psi_r$ à celui du produit des infinitonomes, § IX, car, il suffit de poser, pour cet effet,

$$\psi_1 = 0 = 1 + a_1 z^{\frac{1}{r}} + a_2 z^{\frac{2}{r}} + a_3 z^{\frac{3}{r}} + \ldots$$

$$\psi_2 = 0 = 1 + b_1 z^{\frac{1}{r}} + b_2 z^{\frac{2}{r}} + b_3 z^{\frac{3}{r}} + \ldots$$

. . . . . .

$$\psi_r = 0 = 1 + h_r z^{\frac{1}{r}} + h_{2r} z^{\frac{2}{r}} + h_{3r} z^{\frac{3}{r}} + \ldots$$

En remplaçant $z^{\frac{1}{r}}$ par z dans les polynomes $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \ldots$ leur produit ψ pourra se mettre sous la forme

$$\psi = 0 = 1 + c_r z^r + c_{2r} z^{2r} + c_{3r} z^{3r} + \ldots$$

puisque, comme nous avons démontré ailleurs, ce produit est une fonction rationnelle en z.

Il résulte de tout ceci que le coëfficient général c_{kr} du produit ψ s'obtiendra en faisant la partition du nombre kr et la distribution des lettres $a, b, c, d,...$ entre les numéros de la partition ; puis en remplaçant a_α par $\rho^\alpha a_\alpha$, b_β par $\rho^{2\beta} a_\beta$, c_γ par $\rho^{3\gamma} a_\gamma$, ... Un terme quelconque, qui entre dans la construction du coëfficient c_{kr}, sera par conséquent de la forme :

$$a_\alpha a_\beta a_\gamma a_\delta \ldots \; S_{r,n}(\rho^\alpha . \rho^{2\beta} . \rho^{3\gamma} . \rho^{4\delta} \ldots)$$

$S_{r,n}$ étant la somme symétrique des racines $\rho, \rho^2, \rho^3, \ldots \rho^r$ de l'équation $\rho^r = 1$, prises n à n.

81. Cette expression jouit des propriétés suivantes :

1° La partie littérale $a_\alpha a_\beta a_\gamma a_\delta \ldots$, composée de 1, 2, 3,... et au plus de r facteurs $a_\alpha a_\beta a_\gamma a_\delta, \ldots$ est donnée par la partition du nombre kr, de manière qu'on ait :

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta + \ldots = kr.$$

2° La somme symétrique, désignée ici par $S_{r,n}$, de laquelle dépendent le signe et le coëfficient de $a_\alpha a_\beta a_\gamma a_\delta \ldots$, est formée des puissances de ρ, dont les exposants sont de divers arrangements que l'on peut faire avec les n numéros $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ distribués entre les coëfficients numériques $1, 2, 3, \ldots r$.

3° En faisant rattacher la somme $S_{r,n}$ au produit de r infinitonomes $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c, \ldots$, § IX, on conclut que, si les n numéros $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \ldots$, sont différents, le nombre des arrangements qui entrent comme exposants de ρ, est rAn; et si, dans le nombre n de ces numéros. il y a v numéros égaux à η, w numéros égaux à $\zeta, \ldots$ le nombre des arrangements qui en provient ne sera que $rAn : 1^{v}1.1^{w}1 \ldots$

D'où il résulte cette conséquence qu'après avoir trouvé le signe et le coëfficient du terme en $a_\alpha a_\beta a_\gamma$. . par la considération de la somme symétrique $S_{r,n}$, il faut encore diviser le résultat par autant de factorielles de la forme 1^u1, qu'il y a de puissances u d'une lettre numérotée.

4° Comme les exposants de ρ peuvent être augmentés ou diminués d'un multiple de r, on peut en conclure que, dans les coëfficients c_r, c_{2r}, $c_{3r}, \ldots$, les termes, dont les numéros divisés par r donnent le même reste, ont le même signe et le même coëfficient numérique.

Cherchons maintenant à réduire la somme combinatoire $S_{r,n}$ à sa plus simple expression.

Posons

$$\rho = a\,,\quad \rho^2 = b\,,\quad \rho^3 = c\,,\ldots$$

et la somme en question prendra la forme

$$S_{r,n}(\rho^{\alpha}\cdot\rho^{2\beta}\cdot\rho^{3\beta}\ldots) = S_{r,n}(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\ldots)$$

82. Les réductions, que cette somme présente, sont les suivantes :

1° Si parmi les exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ il y a un multiple de r, on peut supprimer cet exposant et mettre zéro à sa place.

Or, supposons maintenant que, parmi les exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ il y ait successivement $0, 1, 2, 3, \ldots$ multipliés de r. Comme les sommes, qui en résultent, présentent successivement les nombres des arrangements, désignés par

$$rAn\,,\quad rA(n-1)\,,\quad rA(n-2)\,,\ldots$$

n étant le nombre des exposants, compris sous le signe $S_{r,n}$, les quotients du nombre rAn par chacun des suivants, savoir :

$$r-n+1\,,\quad (r-n+1)(r-n+2)\,,$$
$$(r-n+1)(r-n+2)(r-n+3)\ldots$$

sont précisément les facteurs numériques, qu'il faut mettre en évidence, par suite de la suppression de un, deux, trois, etc..., multipliés de r, parmi les exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$.

2° Lorsqu'on aura supprimé les numéros multiples de r, la somme des exposants, compris sous le signe $S_{m,n}$, sera encore un multiple de r, par suite de la construction elle-même de l'équation aux puissances des racines, qui n'admet que la partition des multiples de r.

Cela posé, on peut réduire la somme

$$S_{r,n}(\rho^{\alpha}\cdot\rho^{2\beta}\cdot\rho^{3\gamma}\ldots) = S_{r,n}(a^{\alpha}\cdot b^{\beta}\cdot c^{\gamma}\ldots)$$

à une autre que a en exposant de moins. En effet, puisque la somme des exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ est un multiple de r, cette hypothèse revient à poser

$$\alpha+\beta+\gamma+\delta+\ldots = 0.$$

On peut donc, à l'aide de cette dernière relation, éliminer l'un des exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ et réduire la somme $S_{r,n}$ à avoir un exposant de moins. Or, il n'y a pas raison d'éliminer un des exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ plutôt qu'un autre; il s'ensuit que la somme $S_{r,n}$ peut être remplacée par l'une de r suivantes :

$$S(a^{-\beta-\gamma-\dots}\cdot b^{\beta}\cdot c^{\gamma}\dots)$$
$$S(a^{\alpha}\cdot b^{-\alpha-\gamma-\dots}\cdot c^{\gamma}\dots)$$
$$S(a^{\alpha}\cdot b^{\beta}\cdot c^{-\alpha-\beta-\dots})$$
etc. etc.

Il n'y a pas raison, non plus, pour que ces dernières sommes soient différentes, et par conséquent la somme proposée peut être égalée à l'une d'elles, prise r fois. Posons

$$S_{r,n}(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\dots)=r\cdot S(a^{-\beta-\gamma-\dots}\cdot b^{\beta}\cdot c^{\gamma}\dots)$$

Rien n'empêche de remplacer l'exposant négatif $-\beta-\gamma\dots$ d'un multiple de r, de sorte qu'on ait :

$$S_{r,n}(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}\dots)=r\cdot S(a^{(r-1)(\beta+\gamma+\dots)}\cdot b^{\beta}\cdot c^{\gamma}\dots)$$

83. Cherchons maintenant à quoi revient cette dernière somme S.

La somme proposée n'étant autre chose que

$$S_{r,n}(\rho^{\alpha+2\beta+3\gamma+\dots})$$

on sait que pour former cette dernière il faut d'abord écrire :

1er GROUPE.	2e GROUPE.	3e GROUPE.	4e GROUPE.
$\alpha+2\beta+3\gamma+\dots$	$2\alpha+\beta+3\gamma+\dots$	$3\alpha+\beta+2\gamma+\dots$	. . .
$\alpha+2\beta+4\gamma+\dots$	$2\alpha+\beta+4\gamma+\dots$	$3\alpha+\beta+4\gamma+\dots$	. . .
$\alpha+2\beta+5\gamma+\dots$	$2\alpha+\beta+5\gamma+\dots$	$3\alpha+\beta+5\gamma+\dots$	. . .
. . . .	. . . .	. . . .	
$\alpha+3\beta+2\gamma+\dots$	$2\alpha+3\beta+\gamma+\dots$	$3\alpha+2\beta+\gamma\dots$	. . .
$\alpha+3\beta+4\gamma+\dots$	$2\alpha+3\beta+4\gamma+\dots$	$3\alpha+2\beta+4\gamma\dots$	. . .
$\alpha+3\beta+5\gamma+\dots$	$2\alpha+3\beta+5\gamma+\dots$	$3\alpha+2\beta+5\gamma\dots$	. . .
. . . .	. . . .		

et employer ces arrangements, comme autant d'exposants distincts de ρ, ajouter les puissances de ρ qui en dépendent et réduire ensuite cette somme. Or, on peut augmenter ou diminuer à volonté chaque exposant d'un multiple de r; donc, en retranchant les sommes $\alpha+\beta+\gamma+\dots=0$, $2\alpha+2\beta+2\gamma+\dots=0$, $3\alpha+3\beta+3\gamma+\dots=0$, etc. des arrangements du 1er, 2me, 3me,... groupes, nous aurons :

1er groupe ...	$\beta+2\gamma+\dots$,	$\beta+3\gamma+\dots$,	$\beta+4\gamma+$
2e groupe ...	$-\beta+\gamma+\dots$,	$-\beta+3\gamma+\dots$,	$-\beta+4\gamma+\dots$
3e groupe ...	$-2\beta-\gamma+\dots$,	$-2\beta+\gamma+\dots$,	$-2\beta+2\gamma+\dots$
etc.	etc.		

Dès le second groupe déjà on rencontre des exposants négatifs; mais chacun d'eux pouvant être augmenté d'un multiple de r, on écrira $(r-1)\beta$, $(r-1)\gamma$, $(r-1)\delta$,... à la place de $-\beta$, $-\gamma$, $-\delta$,... et l'on réduira ainsi le second groupe à être la même chose que le premier. En opérant de la même manière sur les autres groupes, on les réduira tous au seul premier, répété r fois. La somme ainsi obtenue, que nous avons provisoirement désignée par S, n'aura ainsi que les numéros $\beta, \gamma, \delta,...$ distribués entre les nombres $1, 2, 3,...$ jusque et y compris $r-1$, pris comme coëfficients. On a donc :

$$S_{r,n}(\rho^{\alpha+2\beta+3\gamma+\cdots}) = r.S_{r-1,n-1}(\rho^{\beta+2\gamma+3\delta+\cdots})$$

ou bien :

$$S_{r,n}(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}...) = r.S_{r-1,n-1}(b^{\beta}c^{\gamma}d^{\delta}...)$$

n'importe quel que soit le numéro supprimé. De là vient la proposition suivante.

Si dans la somme symétrique des racines de l'unité, désignée par

$$S_{r,n}(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}...)$$

dépourvue des exposants $\alpha, \beta, \gamma,...$ multiples de r, on a encore pour $\alpha+\beta+\gamma+...$ un multiple de r, on peut supprimer l'un de ces exposants, pourvu que l'on affecte la somme réduite du facteur r; de plus, si la somme proposée emploie toutes les racines de l'équation $\rho^r=1$, prises dans la suite $\rho, \rho^2, \rho^3,... \rho^r$, la somme réduite n'en emploie que les $r-1$ premières.

Pour fixer l'idée sur l'importance de cette proposition, proposons-nous de former la somme particulière

$$S_{5,4}(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}d^{\delta})$$

dans laquelle $\alpha+\beta+\gamma+\delta$ est un multiple de r, de sorte qu'on peut aussi poser $\alpha+\beta+\gamma+\delta=0$.

On trouvera la valeur de cette somme, en ayant recours à la formule ci-dessus page 24.

$$\begin{aligned}
S_{5,4}(a^{\alpha}b^{\beta}c^{\gamma}d^{\delta}) = {} & s_{\alpha}{}^{5}s_{\beta}{}^{5}s_{\gamma}{}^{5}s_{\delta} - s_{\alpha+\beta}{}^{5}s_{\gamma}{}^{5}s_{\delta} + 2s_{\alpha+\beta+\gamma}{}^{5}s_{\delta} - 6s_{\alpha+\beta+\gamma+\delta} \\
& - s_{\alpha+\gamma}{}^{5}s_{\beta}{}^{5}s_{\delta} + 2s_{\alpha+\beta+\delta}{}^{5}s_{\gamma} \\
& - s_{\alpha+\delta}{}^{5}s_{\beta}{}^{5}s_{\gamma} + 2s_{\alpha+\gamma+\delta}{}^{5}s_{\beta} \\
& - s_{\beta+\gamma}{}^{5}s_{\alpha}{}^{5}s_{\delta} + 2s_{\beta+\gamma+\delta}{}^{5}s_{\alpha} \\
& - s_{\beta+\delta}{}^{5}s_{\alpha}{}^{5}s_{\gamma} + s_{\alpha+\beta}{}^{5}s_{\gamma+\delta} \\
& - s_{\gamma+\delta}{}^{5}s_{\alpha}{}^{5}s_{\beta} + s_{\alpha+\gamma}{}^{5}s_{\beta+\delta} \\
& + s_{\beta+\gamma}{}^{5}s_{\alpha+\delta}
\end{aligned}$$

Mais si l'on observe que $s_\alpha = 0$, $s_\beta = 0$, $s_\gamma = 0$, $s_\delta = 0$, puisque, dans l'hypothèse établie, les exposants α, β, γ, δ ne sont pas multiples de r, la somme en question se réduit à

$$S_{5,4}(a^\alpha b^\beta c^\gamma d^\delta) = s_{\alpha+\beta}s_{\gamma+\delta} + s_{\alpha+\gamma}s_{\beta+\delta} + s_{\beta+\gamma}s_{\alpha+\delta} - 6s_{\alpha+\beta+\gamma+\delta}$$

et l'on retrouve cette dernière valeur, en posant

$$S_{5,4}(a^\alpha b^\beta c^\gamma d^\delta) = 5\,S_{4,3}(a^\alpha b^\beta c^\gamma_1)$$
$$= 5(s_\alpha s_\beta s_\gamma - s_{\alpha+\beta}s_\gamma - s_{\alpha+\gamma}s_\beta - s_{\beta+\gamma}s_\alpha + 2s_{\alpha+\beta+\gamma})$$

pourvu que dans cette dernière expression on pose $s_1 = -1$, $s_2 = -1$, $s_3 = -1$, $s_4 = -1$, $s_5 = 4$, $s_6 = -1$, etc., etc.

3° Supposons actuellement que, dans la somme symétrique,

$$S_{r-1,n-1}(a^\alpha b^\beta c^\gamma d^\delta \ldots),$$

on rencontre un, deux, plusieurs systèmes d'exposants, multiples chacun de r, systèmes que l'on retrouve toujours, en combinant par voie d'addition, les exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ en les prenant deux à deux, trois à trois, etc.; la somme en question est réductible par rapport au nombre des exposants.

Admettons que, dans la somme qui nous occupe, on rencontre un système de u exposants, dont la somme est un multiple de r, ce système étant nécessairement suivi d'un, deux, ... ou plusieurs exposants, dont la somme n'est pas multiple de r. Si, à l'aide de la relation $\alpha + \beta + \gamma + \ldots = 0$, on élimine, tour à tour, chaque exposant, la somme proposée se réduira à l'une de u sommes réduites, dont chacune aura un exposant de moins. Comme il n'y a pas raison, que ces u sommes réduites soient différentes l'une de l'autre, la somme proposée pourra être remplacée par l'une d'elles, répétée u fois. En raisonnant ici, pour ce qui concerne les exposants négatifs, comme pour le cas où la somme de tous les exposants donne seulement une relation $\alpha + \beta + \gamma + \ldots = 0$, on trouvera

$$S_{r-1,n-1}(a^\alpha b^\beta c^\gamma d^\delta \ldots) = u \cdot S_{r-1,n-1}(b^\beta c^\gamma d^\delta \ldots)$$

Pour deux systèmes comprenant u et v exposants, dont les sommes respectives sont multiples de r, et dans l'hypothèse de la proposition énoncée, on aura :

$$S_{r-1,n-1}(a^\alpha b^\beta c^\gamma d^\delta \ldots) = u \cdot v \cdot S_{r-1,n-1}(c^\gamma d^\delta \ldots)$$

Pour trois systèmes, etc.

4° Après avoir supprimé les exposants multiples de r et réduit la somme proposée $S_{r,n}$ à la forme $S_{r-1,i}$, $n-i$ étant le nombre

des exposants supprimés, cette dernière somme est, à proprement dire, irréductible, c'est-à-dire, aucun des exposants i, qui entre dans sa construction, ne peut être supprimé. Or, dans ce cas, la somme symétrique $S_{r-1,i}$ est la plus facile à calculer. En effet, si dans les formules du n° 62, on pose :

$$s_\alpha = -1,\ s_\beta = -1,\ s_\gamma = -1,\ s_\delta = -1,\ldots$$

on aura successivement :

$S_{m,1}a^\alpha = -1$, $S_{m,2}a^\alpha b^\beta = (-1)^2.1.2$, $S_{m,3}a^\alpha b^\beta c^\gamma = (-1)^3.1.2.3$, etc.

et, par conséquent, pour la somme irréductible, qui nous occupe en dernier lieu,

$$S_{r-1,i}(a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots) = (-1)^i \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots i.$$

80. Résumons maintenant toutes ces déductions.

1° La suppression d'un, deux, trois, etc., etc., exposants multiples de r, parmi les exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ de la somme symétrique $S_{r,n}(a^\alpha b^\beta c^\gamma \ldots)$ des racines de l'équation binôme $\rho^r = 1$, amène successivement les facteurs

$$r-n+1,\ r-n+2,\ r-n+3,\ldots$$

et réduit le nombre n de ces exposants à $n-1$, $n-2$, $n-3$, ...

2° Lorsque l'ensemble des exposants $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ offre seulement un multiple de r, la suppression de l'un de ces exposants amène invariablement le facteur r, et réduit la somme proposée de la forme $S_{r,n}$ à une autre de la forme $S_{r-1,n-1}$, cette dernière ne pouvant frapper que les racines de l'équation $\rho^r = 1$, différentes de l'unité.

3° Les réductions ultérieures de la somme $S_{r-1,n-1}$ peuvent encore être continuées, s'il y a, parmi les exposants, des systèmes comprenant respectivement $u, v, \ldots$ exposants, dont les sommes sont encore multiples de r; dans ce cas, la somme $S_{r-1,n-1}$ se réduit à $S_{r-1,n-2}$, $S_{r-1,n-3}$, ... prise u, $u \cdot v \ldots$ fois.

4° La somme $S_{r-1,n-1}$, censée irréductible, lorsqu'elle n'offre aucun système d'exposants, dont la somme serait un multiple de r, doit nécessairement et en dernier lieu, être remplacée par

$$(-1)^{n-2} \cdot 1.2.3 \ldots (n-2).$$

5° Toutes ces opérations, s'il est nécessaire, étant achevées, on a le signe et le coëfficient d'un terme dont la partie littérale, donnée par la partition, est $a_z b_\beta c_\gamma \ldots$ Cela posé, il reste encore

de diviser chaque puissance u d'une lettre numérotée par la factorielle correspondante $1^{u|1}$.

Tel est l'ensemble des lois, qui fixe définitivement la construction de l'équation aux puissances des racines.

81. Passons maintenant à quelques exemples particuliers.

I. Le coëfficient du second terme de l'équation aux puissances r^{es} de racines de la proposée, qui n'est autre chose d'ailleurs que la somme des puissances r^{es} des racines de la proposée, prise en signe contraire, est de plus facile à être construit. En effet, dans ce coëfficient il n'y a qu'une lettre a^1, dont le numéro, soit un multiple de r; et par conséquent toutes les autres lettres ne pourront offrir, dans leurs numéros, ni un multiple de r, ni un système, dont la somme présenterait un multiple de r, du moins après la suppression de l'un des numéros; donc, tous les termes du coëfficient du second terme de la transformée aux puissances r^{es} des racines de la proposées, seront construit, d'après la seule loi 4° du n° 70; et l'on aura, pour un terme, composé de n facteurs et dont la partie littérale composée de i numéros serait $a_\alpha a_\beta a_\gamma \ldots$ le signe et le coëfficient, marqué par l'expression :

$$n.(-1)^{i-1}.1.2.3 \ldots (i-1)$$

tout en faisant observer que l'on doive diviser chaque puissance u d'une lettre numérotée par la factorielle correspondante $1^{u|1}$.

Nous pouvons maintenant généraliser la formule qui donne la somme des puissances r^{es} des racines de la proposée, en écrivant :

$$s_n = -n.\Sigma_i^{i=n}\left\{1.2.3 \ldots (i-1).\frac{(a_\alpha)^h.(a_\beta)^k.(a_\gamma)^l \ldots}{1^{h|1}.1^{k|1}.1^{l|1}}\right\}$$

le signe $\Sigma_i^{i=n}$ s'étendant à toutes les valeurs de i, depuis $i=1$, jusqu'à $i=n$, et en faisant observer 1° que si $i=1$, la factorielle $1^{i-1|1}$ se réduit à 1, et 2° que les numéros employés, savoir : $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ doivent satisfaire à l'égalité :

$$h\alpha + k\beta + l\gamma + \ldots = n,$$

ou ce qui revient au même les numéros $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ ainsi que leurs coëfficients numériques $h, k, l, \ldots$ étant donnés d'avance par la partition du nombre n.

II. Soit actuellement proposé de construire la transformée aux puissances 3^{mes} des racines de l'équation infinitonome, telle que voici :

$$0 = 1 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + \ldots$$

En désignant par ρ et ρ^2 les deux racines cubiques de l'unité, de manière à ce qu'on ait :

$$\rho = -\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\sqrt{-3}, \quad \rho^2 = -\tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2}\sqrt{-3},$$

et en effectuant le produit des deux infinitonomes

$$0 = 1 + a_1\rho x + a_2\rho^2 x^2 + a_3\rho^3 x^3 + a_4\rho^4 x^4 + \ldots$$
$$0 = 1 + a_1\rho^2 x + a_2\rho^4 x^2 + a_3\rho^6 x^3 + a_4\rho^8 x^4 + \ldots$$

on aura :

$$0 = 1 + (-a_1)x + (a_2 + a_1^2)x^2 + (2a_3 - a_2a_1)x^3 + \\ + (-a_4 - a_1a_3 + a_2^2)x^4 + (-a_5 + 2a_4^2 - a_2a_3)x^5 + \ldots$$

c'est-à-dire le quotient de l'équation aux puissances troisièmes des racines de la proposée, et dont le degré serait porté au triple de celui de la proposée, par la proposée elle-même ; ou bien la transformée qui, pour chaque racine a de la proposée, en offre deux, telles que :

$$a(-\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\sqrt{-3}) \quad \text{et} \quad a(-\tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2}\sqrt{-3}).$$

En multipliant la transformée tantôt obtenue par la proposée elle-même, on aura l'équation aux puissances troisièmes, savoir :

$$0 = 1 + (3a_3 - 3a_1a_2 + a_1^3)x + \\ + (3a_6 - 3a_1a_5 - 3a_2a_4 + 3a_3^2 + 3a_1^2a_4 - 3a_1a_2a_3 + a_2^3)x^2 + \\ + (3a_9 - 3a_1a_8 - 3a_2a_7 + 6a_3a_6 - 3a_4a_5 + 3a_1^2a_7 - 3a_1a_2a_6 + \\ - (3a_1a_3a_5 + 3a_1a_4a_4 + 3a_2a_2a_5 - 4a_2a_3a_4 + a_3^3)x^3 + \\ + (3a_{12} - 3a_1a_{11} - 3a_2a_{10} + 6a_3a_9 - 3a_4a_8 - 3a_5a_7 + 3a_6a_6 + \\ + 3a_1^2a_{10} - 3a_1a_2a_9 - 3a_1a_3a_8 + 6a_1a_4a_7 - 3a_1a_5a_6 + \\ + 3a_2^2a_8 - 3a_2a_3a_7 - 3a_2a_4a_6 + 3a_2a_5^2 + 3a_3^2a_6 + \\ - 3a_3a_4a_5 + a_4^3)x^4 + \text{etc., etc.}$$

82. Examinons maintenant quelques termes de cette équation, pour faire voir comment on peut les construire. Le terme $3a_1^2a_8$ n'a pas de numéro multiple de 3, ni de systèmes de numéros multiples de 3 : le signe et le coëfficient de ce terme se feront d'après 2°, 4°, 5° du n° 80. D'après 2°, on supprimera le numéro 8; et pour cette raison, en évidence on mettra le facteur 3; d'après 4° en évidence on mettra le facteur $(-1)^2.12$; d'après 5°, on trouvera le diviseur 1.2; donc, définitivement, on aura $3a^2a_8 = \frac{1}{2}.3.(-1)^2.1^{2/1}$. Le terme $-3a_1a_2a_9$ présente un numéro multiple de 3, pour lequel, d'après 1° du n° 80, il faudra mettre en évidence le facteur $3 - 3 + 1 = 1$; d'après 2°, on mettra en évidence le facteur 3 ; et, comme il résulte un numéro, qui est 1,

on aura le facteur -1 : le tout réuni fera retrouver le terme en question. Le terme suivant $-3a_1a_3a_8$ se trouve dans le cas du terme précédent. Le terme $6a_1a_4a_7$ vient de ce, qu'en supprimant le numéro 7, il faut mettre en évidence le facteur 3; les deux numéros restants prêtent à une somme irréductible, pour laquelle on trouve $(-1)^2.1.2$ pour facteur. Ainsi des autres termes.

IV. Équation aux puissances quatrièmes des racines.

L'équation proposée étant de la forme

$$0 = 1 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + \dots$$

on a pour la transformée au carré des racines :

$$0 = 1 + (2a_2 - a_1^2)z + (2a_4 - 2a_1a_3 + a_2^2)z^2 + \\ + (2a_6 - 2a_1a_5 + 2a_2a_4 - a_3^2)z^3 + \dots$$

et de celle-ci on déduit l'équation aux quatrièmes puissances des racines, savoir :

$$0 = 1 + \left\{ 2(2a_4 - 2a_1a_3 + a_2^2) - 2a_2 - a_1^2)^2 \right\} z + \\ + \left\{ 2(2a_8 - 2a_1a_7 + 2a_2a_6 - 2a_3a_5 + a_4^2) + \right. \\ - 2(2a_2 - a_1^2)(2a_6 - 2a_1a_5 + 2a_2a_4 - a_3^2) + \\ \left. + (2a_4 - 2a_1a_3 + a_2^2)^2 \right\} z^2 + \dots$$

Mais il reste encore des opérations indiquées à faire ainsi que la réduction des termes semblables, de sorte que tout calcul fait, on aura :

$$0 = 1 + (4a_4 - 4a_1a_3 - 2a_2^2 + 5a_1^2a_2 - a_1^4)z + \\ + (4a_8 - 4a_1a_7 - 4a_2a_6 - 4a_3a_5 + 6a_4^2 + \\ + 4a_1^2a_6 + 8a_1a_2a_5 - 8a_1a_3a_4 - 4a_2^2a_4 + 4a_2a_3^2 + \\ - 4a_1^3a_5 + 4a_1^2a_2a_4 + 2a_1^2a_3^2 - 4a_1a_2^2a_3 + a_2^4)z^2 + \dots$$

83. Examinons maintenant quelques termes de cette transformée. Le terme $4a_1^2a_6$ n'a pas de numéro ni de systèmes de numéros, dont la somme serait un multiple de 4 : ainsi, en supprimant le numéro 6, on doit mettre en évidence le facteur 4; à cause de deux numéros restants égaux à 1, il faut mettre en évidence le facteur $(-1)^2.1.2$; le produit $4(-1)^2.1.2$ divisé par 2 fait retrouver le facteur 4. Pour former le terme $8a_1a_2a_5$ on supprimera le numéro 5, pour lequel on aura le facteur 4; à cause de deux numéros restants, on aura le facteur $(-1)^2.1.2$; le tout réuni, on trouve le facteur 4.2. Le terme $-8a_1a_3a_4$ vient de ce qu'en supprimant le numéro 4, on doit mettre en évidence le facteur $4-3+1=2$; à cause du dernier numéro restant, on a -1

pour facteur : le tout réuni, on retrouvera le facteur -8 du terme pris en considération. Ainsi des autres termes.

V. Prenons en dernier lieu, pour avoir un exemple de vérification de l'ensemble des lois, énoncées n° 80, l'équation aux puissances 5^{mes} des racines de la proposée.

Nous présenterons seulement un calcul nécessaire pour construire l'équation aux puissances 5^{mes} des racines de la proposée, sans nous astreindre à y retrouver les lois du n° 80. Posons

$$s_5 = 1.t_1,\quad s_{10} = 2.t_2,\quad s_{15} = 3.t_3,\ldots$$

de sorte qu'on ait

$$t_1 = -5\left\{a_5C1 - 1^{1/1}.a_5C2 + 1^{2/1}.a_5C3 - 1^{3/1}.a_5C4 + 1^{4\,1}.a_5C5\right\}$$

$$t_2 = -5\left\{a_{10}C1 - 1^{1/1}.a_{10}C2 + 1^{2/1}a_{10}C3 - 1^{3/1}.a_{10}C4 + \ldots\right\}$$

$$t_3 = -5\left\{a_{15}C1 - 1^{1/1}.a_{15}C2 + 1^{2/1}.a_{15}C3 - 1^{3/1}.a_{15}C4 + \ldots\right\}$$

etc. etc.

La notation générale, telle que $a_{5n}Cu$, désignant l'agrégat partitif du nombre $5n$, décomposé en u autres plus simples, et avec la condition que chaque puissance i d'une lettre numérotée, soit divisée par la factorielle correspondante $1^{i/1}$. Cela étant, si l'on met l'équation aux puissances cinquièmes, sous la forme :

$$0 = 1 + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 + c_4x^4 + \ldots$$

Les coëfficients c_1, c_2, c_3,... étant donnés, comme il suit :

$$c_1 = -t_1C1,$$

$$c_2 = -t_2C1 + t_2C2,$$

$$c_3 = -t_3C1 + t_3C2 - t_3C3,$$

etc. etc.

c'est-à-dire

$$c_1 = -t_1,$$

$$c_2 = -t_2 + \frac{1}{1.2}t_1^2,$$

$$c_3 = -t_3 + t_1t_2 - \frac{1}{1.2.3}t_1^3,$$

$$c_4 = -t_4 + (t_1t_3 + \frac{1}{1.2}t_2^2) - \frac{1}{1.2}t_1^2t_2 + \frac{1}{1.2.3.4}t_1^4,$$

Mais il est à observer, qu'en substituant pour t_1, t_2, t_3,... leurs valeurs, il faut arrêter chaque opération indiquée au cinquième ordre de partition et rejeter les ordres qui en sont supérieurs, puisque ces derniers se détruisent toujours; on aura ainsi :

$$c_1 = 5\left\{a_5C1 - 1^{1_{21}}.a_5C2 + 1^{2_{21}}.a_5C3 - 1^{3_{21}}.a_5C4 + 1^{4_{21}}.a_5C5\right\}$$

$$c_2 = 5\left\{a_{10}C1 - 1^{1_{21}}.a_{10}C2 + 1^{2_{21}}.a_{10}C3 - 1^{3_{21}}.a_{10}C4 + 1^{4_{21}}.a_{10}C5\right\} +$$
$$+ \tfrac{25}{2}\left\{(a_5C1)^2 - 2.1^{1_{21}}a_{10}C1.a_{10}C2 + (1^{1_{21}}a_{10}C2)^2 + \right.$$
$$\left. + 2.1^{2_{21}}.a_{10}C1.a_{10}C3 - 2.1^{1_{21}}.1.a_{10}C2.a_{10}C3\right\}$$

$$c_3 = 5\left\{a_{15}C1 - 1^{1_{21}}.a_{15}C2 + 1^{2_{21}}.a_{15}C3 - 1^{3_{21}}.a_{15}C4 + 1^{4_{21}}.a_{15}C5\right\}$$
$$+25\left\{a_5C1.a_{10}C1 - 1^{1_{21}}.a_5C2.a_{10}C1 + 1^{2_{21}}.a_5C3.a_{10}C1 - \right.$$
$$\left. 1^{3_{21}}.a_5C4.a_{10}C1 + \right.$$
$$- 1^{1_{21}}.a_5C1.a_{10}C2 + 1^{1_{21}}.1^{1_{21}}.a_5C2.a_{10}C2 - 1^{1_{21}}.1^{2_{21}}.a_5C3.a_{10}C2 +$$
$$+ 1^{2_{21}}.a_5C1.a_{10}C3 - 1^{1_{21}}.1^{2_{21}}.a_5C2.a_{10}C3 +$$
$$\left. - 1^{3_{21}}.a_5C1.a_{10}C4\right\} +$$

$$- \frac{125}{1.2.3}\left\{(a_5C1)^3 - 3.1^{1_{21}}.(a_5C1)^2.a_5C2 + 3.(1^{1_{21}})^2.a_5C1.(a_5C2)^2 + \right.$$
$$\left. + 3.1^{2_{21}}.(a_5C1)^2.a_5C3\right\}$$

etc., etc.

Nous ne nous arrêterons d'avantage sur ce calcul.

§ XI. — EXPRESSION FINALE DE LA RACINE D'UNE ÉQUATION ALGÉBRIQUE.

84. Soit

$$1) \quad fx = 0 = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \ldots + a_mx^m$$

l'équation algébrique du degré m en x, dans laquelle les coëfficients a_0, a_1, a_2, ... a_m sont des nombres rationnels ou irrationnels quelconques qui, néanmoins, sont considérés comme n'étant susceptibles que d'une seule valeur.

On peut toujours supposer que l'équation $fx = 0$ n'ait que la permanence ou l'alternative des signes; s'il n'en était pas ainsi, on transporterait l'origine des racines à l'une ou l'autre des limites extrêmes de ces racines. Considérée dans cet état, l'équation $fx = 0$ sera appelée *fondamentale*, pour la distinguer de toute autre n'ayant pas cette forme.

Cela posé, si l'on isole le terme a_mx^m du reste de la fonction d'équation et qu'on extraie la racine m des deux membres, on aura :

$$x\sqrt[m]{a_m} = (-1)^{\frac{1}{m}}.(a_0 + a_1x + a_2x^2 + \ldots + a_{m-1}x^{m-1})^{\frac{1}{m}}$$

et par suite,

$$x\left(1+\frac{a_1}{a_0}x+\frac{a_2}{a_0}x^2+\ldots+\frac{a_{m-1}}{a_0}\right)^{-\frac{1}{m}}=(-1)^{\frac{1}{m}}\cdot\sqrt[m]{\frac{a_m}{a_0}};$$

de sorte que si l'on fait, pour abréger,

$$\frac{a_1}{a_0}=c_1,\ \frac{a_2}{a_0}=c_2,\ \ldots\ \frac{a_{m-1}}{a_0}=c_{m-1}\ \text{et}\ \frac{a_m}{a_0}=z,$$

il viendra :

$$2)\qquad x(1+c_1x+c_2x^2+\ldots+c_{m-1}x^{m-1})^{-\frac{1}{m}}=(-1)^{\frac{1}{m}}\sqrt[m]{z}.$$

Telle est la forme, à laquelle, on peut ramener la proposée $fx=0$. Dans cette égalité 2), le radical $\sqrt[m]{z}$ désigne la racine m d'un nombre positif, parce que l'équation $fx=0$ est ramenée à la forme fondamentale; tandis que $(-1)^{\frac{1}{m}}$ est proprement le signe du radical, donné par l'une des racines l'unité, savoir :

$$(-1)^{\frac{1}{m}}=\cos\frac{(2k+1)\pi}{m}+\sqrt{-1}\cdot\sin\frac{(2k+1)\pi}{m},$$

k étant un nombre entier quelconque $0, 1, 2, \ldots (m-1)$.

85. Développons la puissance $-\frac{1}{m}$ du polynome $1+c_1x+c_2x^2+\ldots+c_{m-1}x^{m-1}$, impliquée dans l'égalité 2) et nous aurons pour résultat la forme indéfinie que voici :

$$3)\qquad x+r_1x^2+r_2x^3+r_3x^4+\ldots=(-1)^{\frac{1}{m}}\cdot\sqrt[m]{z}.$$

Les coëfficients $r_1, r_2, r_3, \ldots$ qui sont ceux de la puissance $-\frac{1}{m}$ du polynome $1+c_1x+c_2x^2+\ldots+c_{m-1}x^{m-1}$, sont donnés par les expressions immédiates suivantes :

$r_1=c_1\mathrm{C}1\cdot n^{1l-1}$,

$r_2=c_2\mathrm{C}1\cdot n^{2l-1}+c_2\mathrm{C}2\cdot n^{2l-1}$,

$r_3=c_3\mathrm{C}1\cdot n^{1l-1}+c_3\mathrm{C}2\cdot n^{2l-1}+c_3\mathrm{C}3\cdot n^{3l-1}$,

etc., etc.

$r_\mu=c_\mu\mathrm{C}1\cdot n^{1l-1}+c_\mu\mathrm{C}2\cdot n^{2l-1}+c_\mu\mathrm{C}3\cdot n^{3l-1}+\ldots+c_\mu\mathrm{C}\mu\cdot n^{\mu l-1}$

dans lesquelles, la notation générale $c_\mu\mathrm{C}\nu$ désigne l'agrégat des lettres $c_1, c_2, c_3, \ldots c_{m-1}$ prises de ν à ν, de manière que la

somme des indices des lettres employées dans chaque terme, soit constamment égale à μ, et que chaque puissance u d'une lettre numérotée soit divisée par la factorielle correspondante $1^{u|1}$; et dans lesquelles, de plus, la base n des factorielles $n^{1|-1}$, $n^{2|-1}$, $n^{3|-1}$,... est employée, pour plus de facilité, à la place de $-\frac{1}{m}$ ou exposant de la puissance en question du polynome $1+c_1x+c_2x^2+\ldots+c_{m-1}x^{m-1}$.

86. Soumettons actuellement le développement 3) au procédé de la série en retour, et nous aurons :

4) $x=(-1)^{\frac{1}{m}}\cdot\sqrt[m]{z}+s_1\cdot(-1)^{\frac{2}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^2}+s_2\cdot(-1)^{\frac{3}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^3}+\ldots$

expression, dans laquelle le coëfficient général s_μ est donné, comme il suit :

5) $s_\mu=-r_\mu C1+(\mu+2)^{1|1}\cdot r_\mu C2-(\mu+2)^{1}\cdot r_\mu C3+\ldots$

l'agrégat général $r_\mu C\nu$ étant formé de la même manière avec les lettres r_1, r_2, r_3,... comme $c_\mu C\nu$ l'est avec les lettres c_1, c_2, c_3,...

En posant successivement $\mu=1$, 2, 3, ... on aura des expressions particulières s_1, s_2, s_3, ... savoir :

$s_1=-r_1C1$,

$s_2=-r_2C2+4^{1|1}\cdot r_2C2$,

$s_3=-r_3C1+5^{1|1}\cdot r_3C2-5^{2|1}\cdot r_3C3$,

$s_4=-r_4C1+6^{1|1}\cdot r_4C2-6^{2|1}\cdot r_4C3+6^{3|-1}\cdot r_4C4$.

etc., etc.

Si dans ces expressions on met pour r_2C1, r_2C1, r_2C2,... leurs valeurs, il est évident que ces expressions pourront être distribuées en groupes comprenant successivement un, deux, trois, etc., facteurs. Or, pourvu que l'on ait soin de diviser chaque puissance u d'une lettre numérotée par la factorielle correspondante $1^{u|1}$, les agrégats c_1C1, c_2C1, c_2C3,... pourront être mis en évidence, de sorte qu'on aura, pour quelques premières expressions,

$s_1=-n\cdot c_1C1$,

$s_2=-n\cdot c_2C1+n\cdot(3n+1)\cdot c_2C2$,

$s_3=-n\cdot c_3C1+n(4n+1)\cdot c_3C2-n(4n+1)(4n+2)\cdot c_3C3$,

$s_4=-n\cdot c_4C1+n(5n+1)\cdot c_4C2-n(5n+1)(5n+2)\cdot c_4C3+$
$+n(5n+1)\cdot(5n+2)\cdot(5n+3)\cdot c_4C4$,

etc., etc.

De ces expressions particulières, il est permis de conclure l'expression générale suivante :

$$6)\quad s_\mu = -n\cdot c_\mu C1 + n(\mu n+n+1)\cdot c_\mu C2 + \\ -n(\mu n+n+1)(\mu n+n+2)\cdot c_\mu C4 + \text{etc.}$$

dans laquelle on a encore $n=-\frac{1}{m}$.

Cette forme ou cette expression finale de s_μ est bien remarquable, à cause des agrégats $c_\mu C1$, $c_\mu C2$, $c_\mu C3$,... que l'on peut parvenir à mettre en évidence, comme cela arrive dans le développement de la puissance n du polynome $1+c_1x+c_2x^2+\ldots$ S'il en est ainsi, le développement 4) ou la forme de la racine de l'équation $fx=0$ nous est acquise.

Observons néanmoins que, dans ce développement 4) qui est nécessairement indéfini, on rencontre des expressions que voici :

$$(-1)^{\frac{m+\omega}{m}} = (-1)^{1+\frac{\omega}{m}} = -(-1)^{\frac{\omega}{m}},\quad \sqrt[m]{z^{m+\omega}} = z\cdot\sqrt[m]{z^{\omega}},$$

$$(-1)^{\frac{2m+\omega}{m}} = (-1)^{2+\frac{\omega}{m}} = +(-1)^{\frac{\omega}{m}},\quad \sqrt[m]{z^{2m+\omega}} = z^2\cdot\sqrt[m]{z^{\omega}},$$

$$(-1)^{\frac{3m+\omega}{m}} = (-1)^{3+\frac{\omega}{m}} = -(-1)^{\frac{\omega}{m}},\quad \sqrt[m]{z^{3m+\omega}} = z^3\sqrt[m]{z^{\omega}},$$

etc., etc., etc.

ω étant nécessairement un nombre entier, plus petit que m.

Il résulte de cette particularité que l'expression 4) de la racine x de l'équation $fx=0$, peut être ramenée à n'avoir que m termes distincts, comme il suit :

$$7)\quad x=(-1)^{\frac{1}{m}}\sqrt[m]{z}\cdot A_1+(-1)^{\frac{2}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^2}\cdot A_2+(-1)^{\frac{3}{m}}\sqrt[m]{z^3}\cdot A_3+ \\ \ldots+(-1)^{\frac{m}{m}}\sqrt[m]{z^m}\cdot A_m.$$

Les coëfficients A_1, A_2, A_3, ... A_m, que nous nommerons *parties constituantes*, sont donnés par les séries suivantes :

$$8)\quad A_1 = 1 - z\cdot s_m + z^2\cdot s_{2m} - z^3\cdot s_{3m} + \text{etc.}$$

$$A_2 = s_1 - z\cdot s_{m+1} + z^2\cdot s_{2m+1} - z^3\cdot s_{3m+1} + \text{etc.},$$

$$A_3 = s_2 - z\cdot s_{m+2} + z^2\cdot s_{2m+2} - z^3\cdot s_{3m+2} + \text{etc.}$$

. . . . .

$$A_{m-1} = s_{m-2} - z \cdot s_{2m-2} + z^2 \cdot s_{3m-2} + z^3 \cdot s_{4m-2} + \text{etc.},$$

$$A_m = s_{m-1} - z \cdot s_{2m-1} + z^2 \cdot s_{3m-1} + z^3 \cdot s_{4m-1} + \text{etc.}$$

Observons que dans ce nombre A_1, A_2, A_3, ... A_{m-1}, A_m des parties constituantes de la racine de $fx=0$, on ne trouve que $m-1$ premières distinctes, tandis que la dernière, c'est-à-dire A_m est parfaitement connue et se réduit simplement à un monome. En effet, remplaçons, dans l'expression (6), n par sa valeur $-\frac{1}{m}$ et nous aurons :

$$s_\mu = \frac{1}{m} \cdot c_\mu C1 + \frac{1}{m}\left(\frac{\mu}{m} + \frac{1}{m} - 1\right) \cdot c_\mu C2 + \frac{1}{m}\left(\frac{1}{m} - 1\right) \times$$

$$\times \left(\frac{\mu}{m} + \frac{1}{m} - 2\right) \cdot c_\mu C3 + \text{etc., etc.}$$

Si μ, qui est le rang du terme, et par conséquent nombre entier, reçoit des valeurs successives, telles que $\mu = m-1$, $2m-1$, $3m-1$, ... il vient :

$$s_{m-1} = \frac{1}{m} \cdot c_{m-1} C1,$$

$$s_{2m-1} = \frac{1}{m} \cdot c_{2m-1} C2 + \frac{1}{m} \cdot \left(\frac{2m}{m} - 1\right) \cdot c_{2m-1} C2,$$

$$s_{3m-1} = \frac{1}{m} \cdot c_{3m-1} C1 + \frac{1}{m}\left(\frac{3m}{m} - 1\right) \cdot c_{3m-1} C2 +$$

$$+ \frac{1}{m}\left(\frac{3m}{m} - 1\right)\left(\frac{3m}{m} - 2\right) \cdot c_{3m-1} C3,$$

etc., etc.

Or, on a $c_\mu C1 = c_{m-1}$, tandis que $c_{2m-1}C1$ $c_{2m-1}C2$, $c_{3m-1}C1$, ..., sont zéros ; donc :

$$s_{m-1} = \frac{1}{m} c_m^{-1},$$

et, par suite,

$$A_m = \frac{1}{m} \cdot c_{m-1}.$$

87. Il est aisé maintenant de prouver que l'équation $fx=0$ du degré m en x, dont la forme explicite a été donnée sous la marque 1) ne peut avoir plus et a précisément m racines distinctes.

En effet, on a trouvé que l'une des racines de cette équation $fx=0$ est de la forme :

$$x=(-1)^{\frac{1}{m}}\cdot\sqrt[m]{z}\cdot A_1+(-1)^{\frac{2}{m}}\sqrt[m]{z^2}\cdot A_2+\ldots+$$
$$(-1)^{\frac{m-1}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^{m-1}}\cdot A_{m-1}+A_m(-1)\cdot z.$$

et comme l'expression $(-1)^{\frac{1}{m}}$ n'admet que m valeurs différentes, il en est de même des valeurs correspondantes de x.

Désignons par x_1, x_2, x_3, ... x_m, les m racines de la proposée, et nous aurons :

$$9)\quad x_1=(-1)^{\frac{1}{m}}\sqrt[m]{z}\cdot A_1+(-1)^{\frac{2}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^2}\cdot A_2+(-1)^{\frac{3}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^3}\cdot A_3+\ldots$$
$$x_2=(-1)^{\frac{2}{m}}\cdot\sqrt[m]{z}\cdot A_1+(-1)^{\frac{4}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^2}\cdot A_2+(-1)^{\frac{6}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^3}\cdot A_3+\ldots$$
$$x_3=(-1)^{\frac{3}{m}}\cdot\sqrt[m]{z}\cdot A_2+(-1)^{\frac{6}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^2}\cdot A_2+(-1)^{\frac{9}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^3}\cdot A_3+\ldots$$
$$\ldots\ldots$$
$$x_m=(-1)^{\frac{m}{m}}\cdot\sqrt[m]{z}\cdot A_1+(-1)^{\frac{2m}{m}}\cdot\sqrt[m]{z^2}\cdot A_2+(-1)^{\frac{3m}{m}}\sqrt[m]{z^3}\cdot A_3+\ldots$$

On peut résumer toutes ces expressions sous une seule forme, en observant que chacune d'elles contient une partie indépendante de $(-1)^{\frac{1}{m}}$, savoir A_m; de plus, en faisant $\sqrt[m]{z}=u$ et en désignant par α l'une des valeurs de $(-1)^{\frac{1}{m}}$, on voit que toutes les m racines de la proposée $fx=0$ peuvent être mises sous une seule forme, que voici :

$$10)\ldots\quad x=A_m+A_1\cdot\alpha u+A_2\cdot\alpha^2u^2+\ldots+A_{m-1}\cdot\alpha^{m-1}u^{m-1}.$$

Il reste à prouver que cette expression satisfait à la proposée et que, de plus, on peut l'employer dans le calcul des racines : c'est ce que nous ferons dans la suite.

(*Pour être continué*).

III. — *NOTE sur le Régime des Rivières et sur les travaux exécutés pour empêcher leurs débordements*,

PAR

A. C. DE CUYPER,

ANCIEN CAPITAINE DU GÉNIE, PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE, INSPECTEUR DES ÉTUDES A L'ÉCOLE DES MINES.

È un artificio assai rimarcabile della natura, quello di accoppiar fiumi a fiumi e di mandarli così uniti a sboccar in mare.

Guglielmini della natura dè fiumi.

Tout est leçon, tout est merveille, tout est modèle dans la nature.

F. LAHITEAU.

Un abbondante raccolta di notizie di fatto ben sicure; e con replicati esperimenti accertate, oh quanto buon capitale sarebbe per accingersi all' impresa tanto necessaria e tanto bramata di stabilire e fondare le Massime più essenziali che mancano in questa scienza della acque!

Grandi disc. prelem. al mov. delle acque.

INTRODUCTION.

Les dérivations sont présentées comme un moyen efficace d'empêcher les inondations des plaines que traversent des rivières dont la faible pente cause le débordement, et l'on croit généralement qu'en creusant des canaux ou des lits supplémentaires, on facilitera l'écoulement des eaux.

Il est facile de démontrer le peu d'efficacité et même le danger de ces travaux.

Lorsqu'un fleuve dont les eaux coulent dans un lit unique, sera forcé de les distribuer dans quatre lits égaux au premier, n'est-il pas évident que les résistances des berges et du fond

seront quatre fois plus énergiques? L'accroissement de ces résistances, dans les bras de dérivation, devant ralentir le mouvement des eaux, celles qui arriveront de l'amont s'accumuleront nécessairement, s'élèveront, et au lieu d'obtenir un abaissement de niveau, on aura un résultat opposé.

Pour établir la vérité de ce principe, interrogeons les faits qui répondront mieux que tous les raisonnements et remontons un peu leur échelle historique. (*Mengotti idraulica fisica*). En décrivant l'hydre du marais de Lerme qui, se nourrissant de ses blessures, reproduisait des têtes et des corps nouveaux, la fable n'a-t-elle pas voulu représenter les coupures et les dérivations qui ne fesaient qu'augmenter les inondations; Hercule qui étouffa le monstre de ses mains invincibles, n'a-t-il pas employé le moyen le plus énergique pour se débarrasser de ces inondations, en réunissant dans un seul lit les eaux divisées?

C'est par la réunion des eaux du Pô qu'Émilius Scaurus a desséché les marais de Parme et de Plaisance. En réunissant le lac Vélinus à la rivière Néra, Curius Dentatus a fait disparaître les eaux stagnantes qui infestaient Rieti. Les marais Pontins qui aujourd'hui font la désolation de Rome, n'étaient-ils pas des campagnes riantes où les patriciens romains avaient leurs *villégiatures*, grâce aux travaux exécutés par Appius Claudius, Cornélius Cetegus et Auguste, pour la réunion des eaux. Plus tard, l'empereur Nerva fit creuser un canal pour dériver les eaux surabondantes du Tibre, dans le temps de ses plus grandes crues. Mais Pline nous rapporte dans ses lettres que cette dérivation ne diminua en rien les inondations.

« Tiberis Alveum excessit, et quamquam fossa quam providen-
» tissimus imperator fecit, exhaustus, tamen premit valles,
» innatat campis, quæ solet flumina excipere et permixta vehere,
» velut obvius retro cogit. »

Plin. Secon. Lib. 8. ep. 17.

Sous Tibère, le sénat romain reconnut encore le danger des dérivations, lorsqu'il s'opposa à celle de la Chiana qu'on voulait séparer du Tibre et conduire dans l'Arno, pour diminuer les inondations du premier fleuve. Cette auguste assemblée repoussa également la dérivation de la Nera qu'on voulait faire déboucher seule dans la mer.

Nous lisons dans Tacite, les réclamations des habitants de Florence contre le premier projet :

« Actum deindè in Senatu, ab Arruntio et Ateio, an ob mode-
» randas Tiberis exundationes flumina verterentur ac lacus....
» Orantibus florentinis, ne clanis amnis solito alveo demotus, in
» amnem Arnum transferretur, idque ipsis perniciem afferret. »

Ce grand historien ajoute :

« Optimè rebus mortalium consuluisse naturam, quæ sua ora
» fluminibus, suos cursus, atque originem, ita fines dederit. »

En ce qui concernait la Nera : « Pessum ituros fœcundissimos
» Italiæ campos, si amnis Nar in rivos deductus, superstagna-
» visset. »

L'expérience confirma malheureusement les craintes que les Florentins exprimaient au sujet de la Chiana, car cette rivière repoussée successivement du Tibre et de l'Arno, abandonnée à elle-même, erra en tout sens dans sa vallée qu'elle transforma en un marais infect.

A l'époque où l'introduction dans le Pô des eaux du petit Rhin du Bolonais occupait les génies les plus brillants de l'Italie et où la science de l'hydraulique, rétablie sur ses vrais principes, démontrait la nécessité de cette réunion, la Hollande souleva une question plus grave qui concernait le Rhin germanique.

Il s'agissait de savoir si, pour délivrer le pays des inondations de la Meuse et du Rhin, il convenait d'augmenter ou de diminuer les canaux qui dérivaient les eaux de ces fleuves.

Les partisans des dérivations prétendaient qu'en augmentant le nombre des canaux, on devait nécessairement s'opposer à l'élévation des eaux ; les adversaires attribuaient les hautes eaux aux canaux qui existaient déjà et qui avaient été construits anciennement par Drusus et par d'autres généraux romains, et plus récemment par les Bataves eux-mêmes, dans l'intérêt de la navigation.

Mais ce fut en vain que, soutenus par le concours de Genneté, dont le système hydraulique fit tant de bruit à la fin du siècle dernier, ils appelèrent l'attention publique sur les moyens dont la nature se servait pour débarrasser les terres des eaux, en les réunissant dans un seul lit qui les conduisait à la mer, tandis qu'on ne la voyait jamais subdiviser de nouveau en rivières, torrents et ruisseaux, les fleuves qu'elle avait formés par cette réunion. Ce fut en vain que s'appuyant sur ces lois naturelles, ils réclamèrent la réunion de toutes les eaux divisées, afin de rendre au fleuve son ancienne énergie et de le forcer à approfondir son lit.

Malheureusement, l'opinion contraire prévalut. Aussi, le Rhin divisé à Emmerich en deux bras dont le premier prend le nom de Wahal et le second conserve celui de Rhin ; subdivisé encore pour former l'Issel, la Lecht, la Vecht, la Does et d'autres canaux, est épuisé par toutes ces dérivations, et la Hollande qui, par la division des eaux, paraîtrait devoir être le pays le mieux abrité contre les débordements des fleuves, nous présente l'exemple le plus fatal des funestes effets de cette division.

Ces observations s'appliquent principalement aux rivières qui coulent dans les plaines avec une faible pente.

Les différents projets qui ont été présentés pour la Meuse, dans le bassin de Liége, exigeraient une étude particulière, car il s'agit d'une rivière torrentielle qui roule du gros gravier et qui reçoit sur la partie de son cours qu'on veut modifier, les eaux de deux torrents également à fond de gravier (la Vesdre et l'Ourthe) que les fontes des neiges ou les pluies d'orage font toujours déborder avec violence.

Notre intention n'est pas de discuter ces projets, car nous ne pensons pas qu'ils soient entièrement arrêtés. En exposant les principes fondamentaux du régime des rivières, notre but est de rectifier certaines opinions erronées que le public admet assez facilement sur les moyens d'éviter les inondations. Nous démontrerons qu'en général *les dérivations sont d'une utilité faible et qu'elles peuvent devenir plus funestes qu'utiles ; que les redressements contrariant le cours des fleuves peuvent établir un régime nouveau qui, n'étant pas en harmonie avec le régime actuel d'amont et d'aval, donnera lieu à de grands désastres.* Les rivières torrentielles ont leur raison d'être qu'il ne faut pas contrarier brusquement ; des exemples trop nombreux prouvent qu'après avoir été domptées pendant quelque temps, elles finissent presque toujours par rompre leurs chaînes, et les ravages qu'elles commettent dans ces irruptions violentes, font perdre tous les résultats d'une trêve momentanée.

I. — DE L'ORIGINE ET DU RÉGIME DES RIVIÈRES EN GÉNÉRAL.

Les neiges et les pluies forment et alimentent les rivières. Le volume d'eau plus ou moins grand qu'elles portent, suivant l'étendue de leurs bassins, la correspondance entre la chute des pluies et l'accroissement de leur dépense, la nature des matériaux qu'elles charrient ne laissent aucun doute sur la vérité de ce fait.

Les chaines des montagnes sont destinées par la nature à donner le mouvement initial aux eaux courantes. C'est là que les vapeurs soulevées par l'action des rayons solaires et des vents se condensent et que les nuages se rassemblent; c'est là que les pluies sont plus fréquentes et plus fortes, que se trouvent les glaciers et les immenses dépôts de neiges éternelles.

Aussi, les grands fleuves sortent presque tous des principales chaines des montagnes et les moindres cours d'eau prennent naissance au pied des collines.

L'Ébre arrose toute la partie du territoire espagnol comprise entre les Pyrénées et les montagnes de la Castille. En France, la Garonne coule entre les Pyrénées et les montagnes du Languedoc. Dans la Lombardie, entre les chaines des Apennins et des Alpes, coule le plus grand fleuve de l'Italie, le Pô. Ce que nous disons pour l'Ébre, la Garonne, le Pô, s'applique à l'Elbe, au Danube, au Rhône, au Rhin, à la Meuse, et aux deux plus grands fleuves du monde le Mississipi et la rivière des Amazones.

Les eaux qui les produisent ou les alimentent, sont en général celles qui ont pénétré le sol jusqu'à ce qu'une couche imperméable les arrête et les déverse là où elle rencontre la surface du terrain. Les crues subites sont dûes à l'eau qui coule sur la surface du terrain, sans pénétrer dans son intérieur, dans le temps des grandes pluies ou de la fonte des neiges : la nature des matériaux que le fleuve transporte dans ces crues fait connaitre les points où elles ont commencé et l'on sait de quelle vallée, de quelles montagnes elles proviennent.

Faut-il encore rappeler ici le rapport entre l'importance des cours d'eau et les circonstances atmosphériques, ainsi que l'influence de la constitution physique et météorologique des climats. Autant

les cours d'eau sont rares dans les solitudes de l'Ethiopie et dans l'intérieur de l'Afrique, autant ils sont nombreux, en Italie, en France, en Allemagne.

De la constitution physique des montagnes et des vallées, on déduit facilement que par une loi providentielle de la nature, les eaux pluviales tendent à se réunir et à former les rivières. Si cette réunion ne se fesait pas, la terre serait couverte d'eaux stagnantes qui ne permettraient pas de l'habiter et de la cultiver. Enfin, la nature réunit les eaux, non-seulement pour leur faire occuper un espace superficiel plus petit, mais aussi *dans le but de leur imprimer une vitesse et de les rendre courantes.*

Aussi, chaque fois qu'il s'agira d'introduire dans une grande rivière un cours d'eau plus faible qui tend naturellement vers elle, ou de l'en séparer, l'exemple de la nature doit nous décider à préférer le premier parti au second. Et chaque fois qu'on voudra faire une coupure ou une dérivation, il faudra travailler avec une excessive prudence. (*Mengotti idraulica fisica*).

L'examen plus détaillé du cours d'un fleuve nous permettra de reconnaître les lois suivant lesquelles la nature modère la force et le mouvement des eaux courantes.

Nous verrons d'abord que le volume est en raison inverse de la pente. Les petits ruisseaux maintiennent ainsi leur mouvement que les frottements et les obstacles de toute nature tendent à ralentir, et l'impétuosité des fleuves est arrêtée dans les plaines. D'autre part, près de la source où la pente est très-grande, on trouve les rochers, les changements brusques de direction, les chutes verticales et les *forêts*. Dans la plaine et près de l'embouchure, les changements brusques de direction sont remplacés par des courbes à grand rayon, au fond de gravier se substitue un terrain moins raboteux.

Nous trouvons dans ces lois suivant lesquelles sont distribuées les causes du mouvement des eaux et les obstacles qui le modèrent, d'utiles enseignements dont il est toujours dangereux de s'écarter. — Entr'autres exemples, nous prendrons *les redressements des cours d'eau.* — Autant ils peuvent être avantageux et conformes aux indications de la nature, dans les troncs inférieurs des rivières où la pente est faible, autant ils sont à craindre pour les troncs supérieurs où la pente est forte et où les eaux coulent sur un fond de gravier.

Ces redressements augmentant la pente et supprimant les résis-

tances des coudes, augmentent la force et l'impétuosité de l'eau qui portera le gravier des régions supérieures plus loin et en plus grande quantité, en relevant le fond. Ils n'apportent qu'un soulagement momentané dans la partie supérieure qu'on voulait préserver des inondations du torrent, et l'on ne tarde pas à retomber sur les vices du régime primitif qu'on prétendait corriger. Les essais pratiqués sur l'Arno, le Reno et la Dora, et sur un grand nombre d'autres rivières qui coulent sur un fond de gravier, ont démontré tout le danger des redressements imprudemment établis. Pour les affluents torrentiels, si les redressements peuvent faciliter momentanément l'écoulement des crues, et préserver leurs vallées, ils déterminent toujours l'augmentation progressive du nombre et du volume des débordements de leur récipient, et l'on ne fait souvent que déplacer le mal, en le transportant dans des contrées où ses effets sont plus désastreux.

Au contraire, dans les plaines où les fleuves ne charrient que des sables, ils acceptent facilement des redressements qui raccourcissent et régularisent leurs lits, et ceux-ci s'approfondissent encore par l'accroissement de la vitesse et de l'énergie des eaux.

Puisque la cause principale des grandes crues est l'arrivée subite et simultanée, à chaque bassin de rivière ou de fleuve, des masses d'eau partielles qu'apportent les affluents, lors des fortes pluies ou des fontes des neiges, voyons si la nature ne nous présentera pas de nouveaux enseignements sur ce point.

Chaque fois qu'elle n'est pas contrariée par l'imprudence humaine, nous la voyons revêtir spontanément les cimes et les versants des montagnes, d'arbres, de broussailles, et d'herbes, qui sont autant d'obstacles qui retardent l'écoulement des eaux pluviales et de la fonte des neiges. De là, l'imbibition de la croute du sol qu'on y observe; les filtrations dans les couches inférieures; les sources permanentes des fontaines, et les grands dépôts qui se forment à l'intérieur de la terre et qui alimentant les ruisseaux et les fleuves, portent l'abondance au lieu du ravage, et facilitent la navigation au lieu de l'interrompre.

Du temps de la république romaine où les Alpes et les Apennins étaient entièrement couverts de pins, le Pô n'était soumis à de fortes crues que vers les canicules, et ses débordements étaient si rares, qu'on les considérait comme des événements extraordinaires sur lesquels on devait consulter les augures. Le Danube maintenait une dépense à-peu-près constante, et Strabon n'hési-

tait pas à attribuer ce fait aux forêts qui couvraient les montagnes où ce fleuve et ses affluents prenaient leurs sources.

Sous Louis XI la Loire était navigable en tout temps.

Aujourd'hui, et cet effet grandira de jour en jour, les montagnes sont nues. Les averses s'écoulent rapidement et elles entraînent dans le lit des torrents, les terres végétales.

Frappées directement par le soleil, les sources tarissent pendant tout l'été. A mesure que les défrichements des terrains élevés s'étendront, les fleuves offriront un plus grand nombre de rapides et de bancs de graviers, leur régime se perdra davantage et leurs débordements seront plus fréquents. Les fleuves à glaciers résistent encore, parce que les hommes n'y peuvent rien. (*Annales des ponts-et-chaussées*).

Nous pourrions citer de nombreux exemples de montagnes des flancs desquelles jaillissaient de nombreuses sources que le déboisement fit perdre entièrement.

Il y a longtemps déjà que Viviani se plaignait du déboisement des montagnes dans son *Discorso intorno al difendersi del riempimento e corrosioni dè fiumi applicato ad arno.*

« Je veux encore, disait-il, parler d'une autre cause qui émane » des régions supérieures et dont les effets se rendront de plus » en plus sensibles, en raison tant du déboisement des Alpes et » des montagnes qui alimentent l'Arno, que de la culture des » terres qui s'étend imprudemment du fond des vallées usqu'aux » crêtes élevées. — Les eaux pluviales qui ne rencontrent plus » d'obstacles dans la descente, se précipitent par mille torrents » vers le fleuve, entraînent avec elles les débris de rochers, les » pierres, les terres qu'elles transportent au loin dans son lit dont » le fond est exhaussé chaque année. »

Ne parlons pas des difficultés que présente la culture de tous ces terrains élevés, difficilement abordables, et des frais considérables qu'elle exige et que les produits peuvent à peine payer. Considérons seulement ces pentes rapides dont les terres dépouillées des racines qui les retenaient, brisées par la charrue ou la houe, perdent rapidement les engrais qui devaient les féconder. Entraînées successivement par les pluies, elles finissent par laisser la roche à nu, et le malheureux montagnard qui a voulu obtenir les fruits que la plaine lui fournissait en échange de ses bois, est réduit à disputer aux torrents que son imprévoyance a rendu plus violents, quelques parcelles de terrain au fond des gorges,

et c'est là qu'il doit concentrer toutes ses forces, tous ses soins, toutes ses espérances. La plaine, que les inondations causées par les déboisements ont abîmée, ne suffit même plus. La condition des montagnes est liée à celle des plaines par des rapports éternels et inaltérables que la nature a établis. La ruine des premières entraîne la ruine des secondes. Les inondations tendent à diminuer les populations des terres qu'elles ravagent, en diminuant leurs produits. L'air que la respiration des forêts purifiait, se vicie encore par les exhalaisons du sol, et les épidémies succèdent aux torrents dévastateurs.

Comme c'est par des faits que nous voulons établir la vérité de tous les principes que nous avançons, nous citerons encore au sujet du déboisement des montagnes, l'extrait suivant de l'histoire de Naples.

« A Naples, comme en d'autres parties de l'Italie, un zèle trop » ardent pour la culture des terres fit déboiser les montagnes qui » furent défrichées. Les premières récoltes furent abondantes, » mais elles diminuèrent d'année en année. Le terrain transporté » par les pluies encombra les plaines, les flancs des montagnes » déchirés par le soc de la charrue, laissèrent la roche à nu, » les torrents restèrent abandonnés à leurs excès capricieux et » l'agriculture fut ruinée. »

Storia di Napoli, vol. III.

Du reste, les forêts ne garantissent pas seulement des inondations, mais elles exercent encore sur la prospérité des provinces d'autres influences non moins utiles. C'est d'elles que dépendent :

La déviation ou la modération des vents impétueux;

La constance de la température ou du climat;

La régularité des saisons;

Elles empêchent les gelées excessives, les grêles, les neiges, les pluies torrentielles. Elles détournent la foudre en déchargeant les nuages de leur électricité.

Il résulte évidemment de ce qui précède, que tant que nous nous bornerons à attaquer les fleuves et les rivières dans la plaine, par des travaux d'art, ce sera à recommencer sans cesse. Car les déboisements continuant, les travaux utilement adaptés aujourd'hui au régime de ces fleuves ne le seront plus dans quelques années. Il est vrai que le droit de propriété est trop puissant aujourd'hui, pour que la question du reboisement des montagnes puisse être utilement discutée, et pour qu'il soit possible d'arrêter

l'exploitation irrégulière des forêts. Mais si j'ai un cours d'eau qui traverse ma propriété, me permettra-t-on d'en disposer comme je l'entends et d'y faire telles opérations qui altéreront la qualité des eaux ou d'y exécuter tels travaux qui modifieront leur régime. Non, certes, et l'autorité s'empresserait d'arrêter mes empiètements sur le droit de tous. Or, que font les propriétaires des forêts des montagnes, par un défrichement irréfléchi; n'attaquent-ils pas directement le régime des rivières? Leurs travaux ne tendent-ils pas à provoquer des débordements qui désoleront les terres de la plaine, et le droit de tous n'est-il pas sacrifié aux bénéfices temporaires de quelques-uns. — On voit, par ces simples observations que des lois qui règleraient le déboisement des montagnes ne seraient pas plus contraires au droit de propriété que celles qui régissent les professions insalubres. — Quant à leur utilité, elle est incontestable.

II. — DU CONFLUENT DES RIVIÈRES.

Il est évident que lorsque deux cours d'eau ou deux fleuves se réunissent pour n'en former plus qu'un seul, ils doivent réagir l'un contre l'autre, proportionnellement à leur énergie et à leur direction.

Grandi fait observer que bien que d'ordinaire l'affluent soit moins considérable que le fleuve qui le reçoit, il importe d'avoir égard à ce que le second n'oppose pas toute l'eau qu'il porte, à l'entrée du premier, et qu'il n'en oppose même qu'une quantité égale à la dépense de cet affluent.

Les deux masses d'eau qui se choquent sont donc égales et la différence de leurs énergies ne dépend plus que de celle des vitesses. Si nous supposons un flotteur placé au point de la réunion, il sera sollicité par les deux courants avec des forces proportionnelles aux vitesses et, par suite, il suivra la diagonale du parallélogramme de ces vitesses, laquelle représentera la vitesse et la direction du courant après la réunion.

Il est bien vrai, continue cet auteur, que le récipient étant beaucoup plus considérable que l'affluent, la direction de la vitesse résultante ne tardera pas à être modifiée par la partie de l'eau qui n'a pas subi le choc de l'affluent et qui a maintenu son cours pri-

mitif. Nous aurons donc une seconde composition des vitesses, puis une troisième, et ainsi successivement, de telle sorte que le filon de l'eau, ou le fil de plus de vélocité, décrira une courbe qui finira par revenir vers la direction première.

Fabre, dans son essai sur les torrents et rivières, n'admet pas qu'on puisse appliquer à la réunion de deux courants, les lois du mouvement composé. — A cet égard, il soutient qu'on ne peut dire autre chose, sinon :

1° Que le courant le plus fort influe plus ou moins sur le plus faible, suivant les circonstances et les localités;

2° Qu'en général, le courant le plus fort s'oppose plus ou moins à l'admission du plus faible;

3° Qu'enfin, la réunion de deux courants de la même force étant très-rare, si le courant le plus faible ne peut pas suppléer par sa pente à sa faiblesse, il devra se gonfler pour entrer dans le plus fort, et il arrivera souvent qu'il se divisera en plusieurs branches.

L'ingénieur du Creulx dit aussi dans son traité *sur la Formation et l'existence des ruisseaux et rivières*, qu'il est fort difficile de soumettre au calcul l'effet résultant de la réunion de deux courants, en raison des circonstances locales qui concourent dans leurs actions réciproques.

Mais il résulte des expériences de Mengotti (*Idraulica fisica*) que l'opinion de Grandi est exacte, et voici les résultats remarquables que ce savant a obtenus.

1°) Lorsque l'affluent est introduit doucement dans le fleuve et suivant une direction presque parallèle, aucun effort n'est exercé contre la rive opposée à l'entrée; si l'angle du confluent est augmenté et si l'on augmente également la dépense de l'affluent, le choc contre la rive opposée devient très-sensible.

2°) Au moyen d'un flotteur, on reconnaît que les eaux réunies suivent une direction moyenne entre celle de l'affluent et du fleuve, et que le point où elles rencontrent la rive opposée est d'autant plus éloigné du confluent que la dépense du fleuve est plus grande.

Lorsque l'angle du confluent approche de 90° et lorsque la force de l'affluent est très-grande, ses eaux traversent le fleuve et elles vont battre directement la rive opposée.

3°) Lorsque le fleuve a ses eaux basses et peu de pente, si les eaux de l'affluent sont hautes, le second remontera dans le pre-

mier en formant un remous. Les eaux du fleuve s'élèveront jusqu'à ce qu'elles auront atteint le niveau de l'affluent et elles pourront déborder en amont.

Cocconcelli (*Instituzioni d'Idraulica Theorico-pratica*) cite encore un exemple qui tend à confirmer, comme le font les expériences de Mengotti, que les lois du mouvement composé sont applicables au confluent de deux cours d'eau. En 1817, on voulut reconnaître lequel des deux filons du Pô qui embrassent l'île de Santa-Maria de Moreni, était le plus énergique. Après avoir mesuré la section vive de chacun d'eux et observé la vitesse, on calcula la dépense. Pour vérifier les calculs, on détermina la diagonale du parallélogramme dont les côtés étaient dirigés suivant les filons et en représentaient les énergies respectives, et l'on rechercha le point où cette diagonale devait frapper la digue opposée. Ce point obtenu par le tracé géométrique, coïncida parfaitement avec celui où le filon résultant rencontrait cette digue.

L'influence des affluents est grande sur la direction du cours d'un fleuve. L'Ebre battue sur la rive gauche par une multitude de torrents impétueux qui se précipitent des Pyrénées et dont l'action n'est pas contrebalancée par celle des affluents qui descendent des montagnes de la Castille, s'écarte de plus en plus de la première chaîne de montagnes.

Le Rhin reçoit un choc si violent du Mein qui y entre presqu'à angle droit qu'il oblique considérablement à l'Occident, et c'est la Moselle qui redresse en partie son cours, en le repoussant du côté opposé.

Le Danube se dirige vers l'Orient, tant que les affluents de la Souabe et de la Bavière peuvent s'équilibrer; mais, lorsque toutes les eaux de la Moravie et de la Hongrie supérieure le poussent par la gauche, il s'incline vers le Midi. Ensuite la Drave et la Save qui entrent par la droite, lui font reprendre sa direction orientale qu'il conserve jusqu'à son embouchure.

Ce sont surtout les affluents torrentiels qui, lorsqu'ils entrent dans un fleuve, sous un angle assez grand, peuvent, à l'époque des fortes crues, barrer le fleuve et relever les eaux au point de les faire déborder. L'inondation ne descend plus alors des montagnes et des régions supérieures, mais elle remonte contre le courant. La rivière qui passe par Sirkes, petite ville de la Lorraine, se gonfla par une crue subite en 1750, au point d'arrêter la Moselle dans laquelle elle se jette, en la traversant de part en part et ren-

versant, sur la rive opposée, les maisons, les ponts et une tour. L'Arva qui descend des Alpes, arrêta plus d'une fois le Rhône, en forçant ce fleuve, l'un des plus rapides, à remonter vers Genève.

La question de la réunion ou du confluent de deux cours d'eau doit encore être étudiée sous le double rapport de la largeur des sections et de l'approfondissement du lit. Il est facile de comprendre que le mouvement de l'eau qui, dans les deux fleuves séparés, rencontrait la résistance de quatre berges, ne devra plus vaincre que celle de deux berges, après la réunion. La perte de vitesse dûe à cette résistance sera donc plus faible au-dessous du confluent et, par suite, la largeur du lit qui contiendra les deux cours d'eau réunis, sera moins grande que la somme des largeurs des deux lits séparés; et la différence sera d'autant plus forte que la masse d'eau réunie aura plus d'énergie pour corroder le fond et approfondir le lit, proportionnellement à l'accroissement de la vitesse. Donc, la section de deux courants réunis est moindre que la somme de leurs sections avant leur réunion.

« La chose est prouvée par l'expérience, car on voit à chaque » pas des courants se jeter dans de plus grands sans augmenter » sensiblement les dimensions de leur lit. Cela doit nous faire ad- » mirer de plus en plus la sagesse de la Providence; car, si la » section d'une rivière devait constamment être égale à la somme » des sections de tous les affluents, lorsque, dans les crues, elle » serait arrivée à une certaine distance de sa source, peu de » plaines seraient à l'abri des inondations. Heureusement, le Créa- » teur y a obvié en établissant des lois qui augmentent la vitesse » à proportion. (Fabre, *Essai sur les torrents et rivières*).

Dans l'inspection du Pô faite en 1719, Manfredi rapporte que la largeur du Tesin, près de son entrée dans ce grand fleuve, était de $200^{m},64$, et celle du Pô de $241^{m},68$. La somme de ces deux largeurs donne $442^{m},32$, tandis que le fleuve, après le confluent, ne présente plus qu'une largeur de $198^{m},36$.

Non-seulement, il y a diminution de la largeur du lit après le confluent, mais l'action plus énergique de l'eau sur le fond tend à le corroder et à l'abaisser. Aussi, voyons-nous souvent qu'après la réunion de deux cours d'eau, les endiguements deviennent inutiles et que les berges naturelles peuvent contenir les eaux réunies. Lorsqu'on eut introduit les eaux du Panaro dans le bras principal du Pô, on remarqua, nous dit Manfredi, que

les grandes crues du fleuve, loin d'augmenter, s'étaient abaissées.

Mais lorsqu'un affluent qui charrie des graviers est introduit dans une rivière qui a déjà établi son régime sur un fond limoneux et dont la pente est faible, la rivière, malgré toute la vitesse qu'elle pourra avoir, sera incapable d'entraîner les graviers qui auront été amenés dans son lit. Le fond s'exhaussera et il se formera un ban ou un barrage qui retardera le libre cours des eaux supérieures, déterminera leur gonflement, et loin d'obtenir un accroissement de force par le confluent, on introduit un obstacle. En outre, si la largeur de la rivière n'est pas considérable, les graviers apportés par l'affluent se déposeront suivant un plan incliné qui commencera au confluent et se dirigera vers la rive opposée que le filon corrodera. On rencontre un exemple remarquable de ce fait dans le confluent du torrent Trebbia et du Pò, au-dessus de Plaisance.

Guglielmini a posé les règles suivantes pour la réunion des cours d'eau :

1° N'introduisez jamais un courant qui charrie des graviers dans le lit d'une rivière à fond limoneux ; 2° ne raccourcissez jamais le cours des affluents qui roulent, près du confluent, des graviers et, en général, des matériaux plus pesants que ceux charriés par le fleuve qui les reçoit.

III. — DES DÉRIVATIONS DES RIVIÈRES.

Nous avons exposé dans l'introduction une série de faits qui établissent l'inefficacité des dérivations pour diminuer les inondations, et qui prouvent qu'au lieu d'améliorer, sous ce rapport, le régime des rivières, elles produisent un résultat contraire. Cette question est trop importante pour que nous ne l'examinions pas de nouveau avec plus de détails.

Nous prendrons pour premier exemple le plus grand fleuve de l'Italie, le Pò, parce que c'est à l'occasion de son régime qu'ont paru les plus savants traités sur les eaux courantes et, qu'aujourd'hui encore, il occupe les esprits les plus éminents du nord de la Péninsule.

Parmi les différents projets d'amélioration récemment présentés

nous distinguerons celui de *M. Gagliardi* qui propose, comme remèdes aux désordres du système du fleuve, le racourcissement de sa ligne et la réunion de toutes ses eaux éparpillées dans différents bras, en un seul lit qui les porterait directement à la mer. L'ingénieur Pierre Stoppani redoute tellement les dérivations, qu'il demande, en outre, que le fleuve soit endigué jusqu'à la mer, afin d'empêcher qu'il ne se divise de nouveau.

Nous ne voulons pas cacher les deux objections principales qui ont été soulevées contre ces projets. La première les représente comme contraires aux enseignements de quelques grands maîtres qui regardent comme avantageuse l'existence de plusieurs bras à l'embouchure des fleuves, parce qu'en cas de vents contraires pendant les crues, on peut espérer d'avoir l'un de ces bras libre.

La seconde fait observer que si, lors de la forte crue de 1839, le Pô, malgré ses canaux de dérivation a causé de si grands ravages, il est à craindre qu'en pareille circonstance, les eaux réunies dans un seul lit, repoussées par la marée, subiront un remous considérable et que les inondations deviendront bien plus désastreuses.

Pour réduire ces objections à leur valeur et pour rencontrer toutes celles qui sont généralement avancées en faveur de la division des eaux, nous nous appuierons de nouveau sur les faits qui ne confirment que trop les dangers des dérivations et sur lesquels on ne saurait assez appeler l'attention publique.

Nous commencerons par les débordements du Pô en 1839, auxquels les inondations de la Meuse de 1850 sont loin de pouvoir être comparées.

« Les digues de Golène affaiblies et presque détruites, les maî-
» tresses digues entamées sur plusieurs points, ouvraient à la crue
» un vaste territoire pour s'épancher, et cette circonstance, jointe
» à la division des eaux en un grand nombre de canaux de déri-
» vation près de l'embouchure du fleuve, paraissait devoir le sou-
» lager et écarter tout danger des plaines qui avaient été épargnées
» jusqu'alors. Vain espoir! Le 9 novembre la rupture d'Ariano
» dans la digue gauche du Pô-de-Goro ouvre aux eaux un vaste
» débouché et elles envahissent tout le territoire de Massenzatica.
» C'est une catastrophe terrible! Mais, l'épanchement des eaux
» pouvant se faire plus librement, les parties encore menacées à
» l'amont pourront être sauvées? En effet, la fureur des eaux se
» calme un peu; les padimètres marquent l'abaissement de la

» crue, toute crainte disparaît, tous les cœurs s'ouvrent à l'es-
» pérance.

» Imprudents! ne cessez pas de travailler aux digues! Ce calme
» est trompeur et le repos du fleuve annonce une tempête plus
» terrible. Voici l'inondation qui devient plus menaçante, les eaux
» qui s'élèvent et qui frappent avec furie les digues déjà affai-
» blies. Dans la soirée du 12, une grande partie de la maîtresse-
» digue est renversée, le torrent se précipite par une brèche de
» 900 mètres et il envahit la vallée comprise entre Secchia et
» Panaro, en semant partout la ruine, la désolation, l'épou-
» vante. La décharge du fleuve se fait pendant 24 heures par cette
» énorme cataracte, avant que le padimètre de Brescello indique
» un abaissement de niveau.

» Mais nous ne sommes pas encore à la fin de ces douloureux
» événements. Malgré l'étendue de la dérivation, malgré la masse
» d'eau quelle dépense et l'immensité de la plaine où l'inondation
» peut s'étendre, le fleuve regonfle une troisième fois, et de nou-
» veaux malheurs menacent les riverains. Dans la matinée du 16,
» la maîtresse-digue de Castel-Trivellino se rompt, et la vallée,
» déjà envahie par la rupture de Bonizzo, est désolée sur toute
» son étendue. »

Voilà donc à quoi se réduisent les avantages des dérivations, de la division des eaux! Un faible soulagement dans le commencement, jusqu'à ce que les eaux aient rempli l'espace où elles se déversent. Celui-ci une fois comblé et les eaux ayant repris leur mouvement général, le fleuve devient plus furieux que jamais. (*Del prolungamento delle linee fluviali dell' ingegnere Pietro Stoppani*).

Aux faits que nous avons rapportés dans l'introduction, nous ajouterons que les habitants de Mantoue en supprimant les nombreuses dérivations du Pô entre Guastalla, Luzzara et Suzzara, et en réunissant toutes les eaux en un seul lit, délivrèrent une grande étendue de pays des inondations qui la désolaient. Après l'exécution de la coupure vénitienne dite de Porto-Viro qui supprima deux branches du Pô, la hauteur des crues diminua sensiblement jusqu'au confluent du Mincio.

Voici encore un fait remarquable, rapporté dans son Traité des rivières et des torrents, par Frisi, qui en fut le témoin oculaire.

« Dans le but de délivrer la ville de Pise des désastres de l'inon-

» dation, les Toscans pratiquaient une dérivation de l'Arno en » fesant une coupure dans la digue, au lieu des Fornacettes.

» Cette coupure ayant été faite en 1740, il y eut dans le tronc » supérieur de l'Arno, trois ou quatre ruptures, et cependant on » ne s'aperçut à Pise d'aucune diminution dans la hauteur des » eaux. On fit de nouveau cette même coupure en 1761, au mois » de novembre, dans le temps d'une très-grande crue d'eau; et » cependant les eaux continuèrent à monter à un tel point, que » quelques personnes ne pouvaient se persuader que l'on eut fait » cette coupure. La crue d'eau survint en peu d'heures dans la » nuit du 14, et continua, avec de faibles variations, jusqu'au » soir de la journée du 15; à sept heures de la même soirée, on » fit à la chaussée de la gauche de la rivière, aux Fournacettes, » une ouverture d'environ huit bras qui fut bientôt élargie par » les eaux jusqu'à 28 ou 30 bras. Cependant, nonobstant l'am- » plitude de la section et la quantité d'eau qui en sortait, la » rivière continua à croître à Pise et, vers les onze heures, elle » parvint à la plus grande hauteur que l'on eut vu de mémoire » d'homme. (Frisi, *Traité des rivières*). »

Les deux déversoirs que Vincent Viviani avait fait ouvrir dans la rivière de Celone qui est un affluent de la Chiana, ont été cause de l'atterrissement et de la perte du tronc principal. Enfin, Lorgna prouve dans son discours sur les inondations de l'Adige, que toutes les dérivations faites à cette rivière, n'ont produit d'autre effet qu'une plus grande élévation du fond, et qu'elles ont rendu les crues d'eau plus dangereuses.

Tous ces faits importants contre les dérivations doivent suffire pour justifier le paradoxe d'hydraulique communément enseigné par les auteurs italiens, qu'on ne diminue point la hauteur des eaux dans les grandes crues, en diminuant la quantité de l'eau, c'est-à-dire en dérivant, par des canaux, les eaux du lit principal.

Castelli désapprouvait la coupure qu'on fesait au Pò, à Bondino, pour dériver les eaux des fortes crues, et qui a été ensuite abandonnée dès l'année 1638. Ce fut la suppression de cette coupure qui a donné aux Italiens les premières preuves de l'inutilité et du danger des dérivations.

Citons encore ce que dit Perelli (*Parere sui diversori*).

« Je puis affirmer que dans les nombreuses inspections que » depuis plusieurs années, j'ai faites des rivières et des torrents » de la Toscane, je n'ai jamais rencontré un seul exemple du bon

» effet des dérivations pour empêcher les débordements et les » ruptures des digues. Au contraire, j'ai remarqué qu'en général » elles ont été inefficaces et que plutôt elles paraissent être nuisi- » bles, vu que les inondations sont devenues plus fortes et plus » fréquentes. »

Dans l'introduction, nous avons invoqué les moyens dont la nature se sert pour débarrasser les terrains des eaux, comme une des preuves les plus concluantes contre les dérivations. Elle ne connaît pas les dérivations; nous la voyons tenir les pluies suspendues dans les nuages, appauvrir nos sources, soulever les eaux du fleuve par l'action des rayons solaires, les disperser par les vents, mais jamais subdiviser de nouveau les rivières qu'elle a formées par la réunion des eaux.

La nature diminue ainsi le nombre et la dépense des affluents, nous augmentons le nombre des *Effluents;* tandis qu'elle soulage effectivement nos cours d'eau par l'évaporation, nous ne leur enlevons pas une seule goutte et nous les forçons encore à se gonfler, en retardant leur mouvement. Elle transporte au loin les eaux de nos vallées, nous les retenons en les éparpillant dans les bras de dérivation.

Aussi, le premier effet des dérivations est de rendre nécessaire la construction de dérivations nouvelles qui finissent par transformer le pays en une sorte de lagune. Le mouvement des eaux étant ralenti, elles ne tardent pas à remplir les canaux, et, le pays restant exposé à des débordements plus violents encore que ceux qu'on voulait empêcher, de nouveaux canaux sont impérieusement réclamés.

Un second effet des dérivations est l'exhaussement rapide des lits des canaux et même du lit du fleuve, déterminé par le ralentissement du mouvement des eaux. On conçoit que dans la partie du fleuve en aval de la dérivation, la dépense et la vitesse étant diminuées, les eaux n'ont plus la force suffisante pour soutenir les graviers, les sables et les limons, et qu'elles doivent les déposer plus vite qu'elles ne le faisaient antérieurement. Dans les ruptures des berges qui ne sont que des dérivations ouvertes par la violence des crues, on a reconnu que dans la partie du lit en aval de ces ruptures, la vitesse de l'eau diminuait considérablement, et que, souvent, le mouvement en arrière se produisait de l'aval vers l'amont.

L'histoire hydraulique de la Néerlande (*Annales des ponts-et-chaus-*

sées 1846), nous apprend que malgré tous les travaux de dérivation exécutés antérieurement, le régime des fleuves qui traversent le territoire exige de considérables améliorations, afin d'assurer l'écoulement des grandes eaux. La Commission, instituée en 1821 pour étudier cette grande question hydraulique, a posé en principe que l'état critique des fleuves néerlandais et le danger imminent qui menace les contrées situées sur leur bord, sont dûs à deux causes principales, savoir :

1° L'exhaussement continu et inévitable du fond des fleuves par le dépôt des sables et des limons que les courants ne peuvent charrier jusqu'à la mer;

2° Les barrages de glaçons qui s'accumulent à la fin de chaque hiver sur certains points, en énormes masses que ne peuvent diviser, ni les estacades les mieux armées, ni les boulets de canon.

L'exhaussement du lit des fleuves devait résulter inévitablement des dérivations qui ralentissent le mouvement des eaux; mais il est à remarquer que loin d'abandonner ce système funeste de dérivations, cette Commission, après avoir signalé la cause du mal, la maintient, l'augmente, en proposant des dérivations nouvelles. Heureusement pour la Néerlande, la pénurie du trésor public a fait ajourner indéfiniment l'exécution de la plus grande partie de ce projet.

IV. — DU REDRESSEMENT DES LITS DES RIVIÈRES.

DU VENTRE DES CRUES.

Les fortes crues d'eau ont pour effet l'élévation progressive et le changement du lit des rivières torrentielles. Elles entraînent alors une énorme quantité de graviers et de sables qu'augmente encore chaque jour le déboisement des montagnes et dont le dépôt se fait d'autant plus vite que la durée des crues est moins grande. Ces dépôts se stratifient par couches successives et les matières qui les composent diminuent de volume, au fur et à mesure qu'on s'éloigne des montagnes et que la pente diminue. Il y a donc pour tous les fleuves une extrême limite que les graviers peuvent atteindre, et les rivières ont été divisées en troncs supérieurs et troncs inférieurs, les premiers étant compris entre la source et la limite des

graviers, et les seconds commençant à cette limite et s'étendant jusqu'aux embouchures.

Nous avons déjà signalé les dangers des redressements établis sur les tronçons supérieurs; ces redressements ne sauraient être stables et si, à force de travaux, on parvient à leur donner quelque stabilité, cette stabilité même les rend plus dangereux encore. Dans les tronçons inférieurs, les redressements sont utilement appliqués, mais ici encore, il importe d'avoir égard à un phénomène qu'ils peuvent produire, lorsqu'ils modifient fortement la pente. Nous voulons parler de ce que les Italiens appellent le ventre des crues, (*Il ventre delle piene*).

Pour bien faire comprendre ce phénomène, nous entrerons dans quelques détails qui nous paraissent présenter un grand intérêt.

Le fond du lit d'un fleuve se compose d'une suite de plans diversement inclinés; entre les deux limites extrêmes de ces pentes, maxima vers la source, minima vers l'embouchure, nous trouvons de grandes irrégularités dans les parties intermédiaires, qui donnent des passages plus ou moins brusques d'une pente rapide à une surface presqu'horizontale et quelquefois disposée en contre-pente.

C'est sur ces parties où le fleuve passe brusquement d'un plan incliné à une surface horizontale, que dès le commencement de la crue d'eau, on remarque un gonflement considérable qu'on appelle le ventre. Et comme parmi tous ces changements brusques de pente, il en existe un maximum, il existe aussi dans toute rivière *un ventre maximum de sa crue* et souvent il se produit avec une élévation considérable.

Ce phénomène permet d'expliquer certaines crues d'eau qui paraissent extraordinaires.

Tous les historiens de l'antiquité font mention des terribles inondations du Tibre à Rome, sans que le fleuve eut eu de pareils débordements en d'autres points.

> Vidimus flavum Tiberim, retortis
> Litore Etrusco violenter undis,
> Ire dejectum monumenta Regis
> Templaque Vestæ.
>
> Horat. od. 2, lib. 1.

Ainsi que nous l'avons dit, l'énorme dérivation construite plus tard par Nerva fut impuissante pour empêcher ces inondations.

En 1598, Castelli observa que dans la grande crue d'eau qui

désola la ville sainte, le fleuve n'était pas sorti de son lit en amont et en aval.

Ces faits prouvent que le ventre maximum du Tibre se produit dans la partie du fleuve qui traverse Rome.

L'Arno a également son gonflement ou ventre maximum, près de Pise, où la pente du terrain diminue sensiblement.

Barattiéri qui reconnut le premier ce phénomène sur le Stirone, le signala dans son *Architecture hydraulique*, en lui assignant pour cause le changement brusque de pente au point où il se produisait. Zendrini qui l'observa sur la crue du Pô de 1719, et sur la crue de l'Adige de 1721, n'admet pas l'explication donnée par Barattiéri. Mais le comte Mengotti à qui nous devons une série d'observations et d'expériences très-remarquables sur le ventre des crues, se rallie à l'opinion de Barattiéri, en la justifiant par le fait que la vitesse variant avec la pente, la hauteur des eaux doit diminuer ou croître, suivant que leur mouvement s'accélère ou se ralentit.

La section longitudinale du ventre de la crue donne, pour la surface des eaux, une courbe qui tourne sa convexité vers le fond jusqu'à la plus grande hauteur, ou l'ordonnée maxima ; là, se trouve un point d'inflexion et la courbe tourne ensuite sa concavité vers le fond. — Mengotti a observé que l'arc ascendant de la courbe était plus raide que l'arc descendant.

Nous ajouterons que tous les obstacles qui s'opposent au libre cours de l'eau et qui retardent son mouvement, doivent produire une élévation de la surface du courant. Nous citerons entr'autres, les sections trop étroites, les coudes trop multipliés, les îles, les affluents qui entrent sous des angles trop ouverts, l'effet de la marée aux embouchures.

Quant aux moyens d'éviter ou de diminuer les effets toujours désastreux du ventre des crues, il résulte évidemment de ce que nous venons d'exposer, qu'il serait de la *plus haute imprudence d'exécuter un pont où ce gonflement d'eau se déclare, des travaux qui tendraient encore à diminuer la pente et à ralentir le mouvement du fleuve.*

Mais, si un redressement imprudemment établi peut, en modifiant trop brusquement la pente, déterminer le ventre des crues, il sera toujours utilement appliqué sur les parties où ce ventre se produit, parce qu'il facilitera l'écoulement des eaux.

Le succès d'un redressement dépend de sa pente et de sa di-

rection. Il faut qu'il soit établi de telle sorte que le filon de l'eau tende naturellement à s'écarter de l'ancien lit et qu'il entre directement dans le nouveau, car toute entrée oblique déterminerait un choc contre l'une des berges et par suite une corrosion.

On doit diriger l'extrémité inférieure de la coupure, de manière qu'elle facilite l'écoulement du tronc d'aval; autrement on serait exposé à avoir dans ce tronc d'aval de nouvelles corrosions.

Plus la pente du redressement sera grande, plus l'exactitude de son tracé devra être rigoureuse, les dangers d'un tracé défectueux augmentant avec la vitesse des eaux.

Les redressements, ainsi que nous l'avons dit pour le ventre des crues, peuvent donner d'utiles résultats, lorsqu'ils sont exécutés avec soin et établis sur des parties du fleuve convenablement disposées pour les recevoir.—Ils font disparaître les inégalités du fond qui s'opposent au libre mouvement des eaux dans un lit sinueux; ils écartent, des points menacés, les attaques impétueuses du courant; ils peuvent, dans certaines circonstances, faciliter la navigation, en maintenant au milieu du lit une vitesse plus grande de l'eau; ils déterminent l'approfondissement du lit d'amont, y rendent les crues d'eau moins dangereuses et empêchent les débordements; ils facilitent l'écoulement des eaux des vallées qu'ils assainissent. On espérerait en vain de réaliser ces avantages, lorsque le fleuve reçoit sur la partie de son cours qu'on veut modifier, les eaux d'un affluent qui peuvent provoquer des atterrissements; — et, sous ce rapport, si la dérivation projetée dans le bassin de Liége doit, ainsi qu'on paraît le croire maintenant, être remplacée par un redressement du lit du fleuve, nous ne saurions assez appeler l'attention sur les effets que l'Ourthe pourra produire sur ce nouveau système. En un mot, n'oublions jamais que des travaux bienfaisants sur un point, peuvent être funestes à d'autres points, et que c'est, sur toute la longueur d'un lit en plaine, qu'il faut considérer les effets d'un surcroît d'action donné aux eaux d'une rivière.

Si le nouveau lit redressé est beaucoup plus bas que celui de l'affluent, la pente de ce dernier augmentant, le transport des graviers déterminera l'établissement d'un barrage au confluent, qui arrêtera les eaux de la rivière principale. Au contraire, si le fond de l'affluent est plus bas que celui du nouveau lit, il ne tardera pas à être relevé par les atterrissements. Dans le premier cas, le

redressement sera attaqué, et, dans le second, le système de l'affluent subira une altération au grand détriment des campagnes qu'il traverse et qui ne pourront plus y avoir leur écoulement.

V. — INONDATIONS DU BASSIN DE LIÉGE.

RÉGIME DE LA MEUSE ET DE L'OURTHE DANS CE BASSIN.

Ce que nous avons dit des dérivations se trouve en opposition complète avec l'opinion qui considère la suppression des canaux intérieurs de la ville de Liége, dont le fossé de la Sauvenière était un dernier reste, comme une des causes principales des inondations. M. Kümmer lui-même cite, en première ligne, la suppression du canal de la Sauvenière, dans sa réponse au Mémoire de feu M. l'ingénieur Guillery (*Journal de Liége* du 8 août 1851).

Les faits viendront encore démontrer combien cette opinion est peu fondée. Si les canaux intérieurs devaient être tellement efficaces pour débarrasser la Meuse de ses fortes eaux, dans le bassin de Liége, comment expliquer toutes les inondations dont les annales anciennes nous laissent le récit et dont nous trouvons les traces marquées sur nos édifices publics.

La Meuse se trouvait, à cette époque, dans les conditions les plus favorables pour l'arrivée des crues, car en raison des forêts qui couvraient les collines de son bassin, les eaux pluviales et les fontes des neiges devaient la rejoindre bien plus lentement.

Aujourd'hui que les canaux de dérivation ont été supprimés et que le déboisement et le défrichement des côtes les plus élevées rendent les crues presqu'instantanées, nous devrions nous trouver dans une position doublement plus désastreuse.

Cependant, les inondations modernes les plus fortes n'ont pas atteint les anciennes. N'est-il pas évident que c'est la suppression des canaux de dérivation qui, en facilitant l'écoulement des eaux par le lit principal, a combattu les funestes effets du déboisement; Liége, loin de regretter ces canaux, doit bénir l'Administration qui a remplacé ces cloaques infects d'eau stagnante pendant l'été, par de belles rues et de larges promenades[1], et qui a rétabli, autant qu'elle pouvait le faire, le régime du fleuve.

Du reste, en examinant un ancien plan de la ville de Liége, on voit que les détours que fesaient ces canaux devaient diminuer la pente et par suite en exhausser le fond. La Géométrie nous apprend que de deux lignes qui commencent au même point et qui se terminent sur un même plan horizontal, la plus longue est la moins inclinée; et nous savons, par les plus simples éléments de mécanique, que la pente et la vitesse ont entre elles une relation directe qui les fait diminuer simultanément.

Or, personne ne niera que dès que la vitesse est diminuée, la dépense du fleuve diminue et les eaux s'élèvent.

C'est à tort que le ralentissement de la vitesse du courant par suite des deux débouchés de la rivière, l'ancien lit et le canal, est attribué à un abaissement de niveau à l'amont. — Cette hypothèse est contraire à tous les faits : ils prouvent que si au point où une dérivation commence, on a un ralentissement de vitesse, les eaux d'amont entreront dans les lits où le courant est ralenti, avant qu'ils n'aient dépensé celles qu'ils avaient reçues, et que par suite il y aura un gonflement.

En général, on peut dire que ce n'est pas par défaut de largeur de section que les fleuves manquent de débouché; au contraire, un excès de largeur est plus nuisible qu'avantageux, et ce qui se passe dans la réunion des rivières le prouve surabondamment.

Jetons un coup d'œil sur le système actuel des deux rivières dans le bassin de Liége : nous reconnaîtrons les vices nombreux du régime de l'Ourthe qu'il importe de corriger, avant de songer à la Meuse.

En premier lieu, nous signalerons la dérivation du Fourchu-Fossé qui paraît être l'effet d'une irruption des grandes eaux. Sous tous les Gouvernements, ce bras de l'Ourthe a été l'objet d'une attention toute spéciale, et l'on s'est occupé de son entretien sans s'inquiéter de l'influence qu'il pouvait exercer sur le tronc principal, et sans examiner s'il ne convenait pas mieux de le supprimer, en apportant les améliorations nécessaires pour empêcher qu'il ne se formât de nouveau.

Dans sa notice sur l'Ourthe, M. l'ingénieur Guillery rapporte qu'en l'an XII, M. Lejeune proposait de creuser au Fourchu-Fossé un lit en ligne directe, pour introduire les eaux avec plus de rapidité dans la Meuse. Ce moyen pouvait faciliter l'écoulement des eaux dans ce bras de l'Ourthe, mais la rapidité du cou-

rant aurait introduit dans la Meuse une plus grande quantité de graviers et il se serait formé un barrage au confluent. M. Deschamps remédiait à ce défaut du projet de M. Lejeune, en proposant de donner au nouveau canal les contours aussi doux et allongés que faire se pourrait et en le conduisant à la Meuse sous un angle très-aigu.—Aujourd'hui, l'angle du confluent du Fourchu-Fossé et du fleuve est presque droit, c'est-à-dire aussi défectueux que possible.

Tous les ingénieurs qui se sont occupés du Fourchu-Fossé ont reconnu les dangers qui résultaient de la dérivation du Moulin des Aguesses, et ils en ont réclamé la suppression. Or, n'est-il pas évident que le Fourchu-Fossé, qui n'est lui-même qu'une dérivation du tronc principal doit présenter des dangers plus grands.

Aussi, nous n'hésitons pas à réclamer sa suppression comme première amélioration, et nous la considérons comme d'autant plus urgente que toute la vallée qu'il occupe se trouve sillonnée par les nombreuses chaussées du chemin de fer de Namur.

Après cette dérivation du Fourchu-Fossé, l'Ourthe se subdivise en deux bras dont le seul qui soit navigable a son confluent en amont du pont de la Boverie; l'autre disperse ses eaux et, passant au pont d'Amercœur, forme le Barbou. Cette division des eaux et les obstacles que leur mouvement rencontre dans les nombreuses usines établies sur leur cours, ne permettent pas à cette rivière torrentielle de débiter les crues de l'amont, et de là ses débordements qui, par l'exhaussement du lit, deviennent de plus en plus désastreux. — Pour remédier à ce triste état des choses et pour rendre à l'Ourthe l'énergie qui lui manque, il faudrait réunir toutes ses eaux en un seul lit navigable; et comme le confluent en amont du pont de la Boverie, au point où se produit pour Liége le ventre des crues, tend à augmenter ce gonflement, il faudrait le supprimer et faire entrer l'affluent dans la Meuse, près de Jupille.

Quant au régime de ce fleuve, qu'on aurait soulagé des eaux de cet affluent, il serait facile de l'améliorer sans recourir à des travaux qui, en raison des modifications trop brusques qu'ils apporteraient, pourraient ne pas donner des résultats utiles et durables

On peut diviser en quatre grandes classes les moyens principaux employés jusqu'à présent pour assurer le régime des fleuves, savoir :

Les endiguements ;
Les redressements ;
La construction de nouveaux lits ;
Les dérivations.

Nous ne sommes pas partisans des moyens de défense qui consistent à resserrer les eaux entre de fortes digues dans un lit à peine assez large pour les contenir. Ce procédé dispendieux est loin de présenter des garanties complètes, et l'on a toujours à craindre que le débouché ne devienne insuffisant, soit par des effets d'exhaussement du lit, soit à cause de l'augmentation progressive de l'intensité des crues. — C'est en vain que les habitants des vallées et des plaines luttent contre ces crues subites et qu'ils élèvent travaux sur travaux. C'est dans l'imprudente avidité des propriétaires des montagnes qu'ils trouvent des obstacles toujours renaissants.

Mais lorsqu'il ne s'agira que de relever faiblement les berges d'une rivière pour s'opposer à ses débordements dans une localité déterminée, lorsque par quelques travaux défensifs on pourra contenir les crues dans le lit naturel, nous pensons qu'il faudra toujours donner la préférence à des travaux de ce genre, parce qu'ils ne présentent pas le danger des autres opérations qui tendent à modifier trop brusquement le régime du fleuve. Or, n'est-il pas évident que l'amélioration de la Meuse dans le bassin de Liége, n'exigerait pour préserver la vallée des inondations qu'un faible exhaussement des berges et que cet endiguement, déterminant le limonage de ces berges, arrêterait également les infiltrations qui envahissent les parties basses de la ville avant les débordements.

Les redressements ne peuvent pas être établis, au moins sur une grande échelle, dans les tronçons supérieurs des rivières et les graviers qu'ils accumulent au bas des plans inclinés tendent toujours à modifier la direction du courant. S'ils apportent quelque soulagement, il ne peut être de longue durée; car ils laissent subsister, dans toute leur force et toute leur étendue les véritables causes des débordements. — Ce que nous disons des redressements s'appliquerait aussi à la construction de nouveaux lits, si l'énorme difficulté de ces travaux ne les rendait pas impraticables.

Que dire encore des dérivations, si ce n'est qu'elles constituent le remède le plus malheureux, dont le résultat est presque toujours de substituer à des inondations éventuelles et temporaires, une inondation permanente et systématique.

Tous ces moyens sont donc loin de pouvoir nous garantir des désastres des fortes crues et ils sont impuissants contre les déboisements des montagnes.

Malheureusement, tout en signalant les funestes effets de ces déboisements que les progrès de l'industrie et l'accroissement de la population tendront toujours à augmenter, nous devons reconnaître l'impossibilité d'exécuter à la fois et immédiatement le reboisement de toutes les pentes rapides. En outre, ce ne serait que dans quinze ou vingt ans qu'on jouirait de quelque résultat, et les maux dont on se plaint exigent des remèdes plus prompts. D'autre part, il importe de conserver les prairies et les pâturages des montagnes.

En conséquence et en partant toujours du principe qu'il faut attaquer les causes du mal dans leurs sources, nous terminerons cette note par l'exposition succinte d'un système général à appliquer à l'écoulement des eaux pluviales et des fontes des neiges.

Il est évident que si l'on pouvait diminuer la vitesse de descente des eaux, en les fesant pénétrer lentement dans le sol où elles seraient utilisées pour la végétation, qu'on réaliserait le double avantage d'améliorer le régime hydraulique des vallées et des plaines et de favoriser la culture des terrains en pente.

Or, en 1844, un savant italien, M. Giuseppe Cerini, dans un Mémoire sur le reboisement des terrains et la conservation des forêts, a proposé de retenir les eaux pluviales et les fontes des neiges au moyen de rigoles horizontales, fermées aux extrémités et plus ou moins multipliées suivant la pente des terrains. Les eaux retenues dans ces rigoles ne pourraient descendre que très-lentement, après s'être infiltrées dans le sol, et, loin de délaver, d'amaigrir et de raviner les terrains, comme elles le font aujourd'hui, elles maintiendraient une humidité salutaire; leur infiltration lente augmenterait les sources existantes, et même elle en créerait de nouvelles. Ces rigoles, avantageuses pour les terrains boisés, comme pour les champs à labour, pourraient être exécutées avec la plus grande facilité. — Une simple prime d'encouragement accordée aux propriétaires ou bien aux communes suffirait pour provoquer leur exécution.

Leur entretien assimilé à celui des chemins vicinaux serait soumis à la même surveillance. Le Gouvernement ou les Provinces se réserveraient les grandes rigoles de ceinture.

En encourageant, en assurant cette exécution, on créerait de

nombreux travaux de terrassements qui entretiendraient l'activité de la classe laborieuse, sans présenter les dangers ou les inconvénients d'une grande agglomération de travailleurs dans une même localité.

Je reconnais que ce moyen si simple ne présente pas pour l'ingénieur tout le prestige des grands travaux d'art. Mais, si en créant le meilleur remède aux désastres des inondations, il doit augmenter la valeur du fond et par suite la prospérité publique, ne mérite-t-il pas qu'on le prenne en sérieuse considération.

Si les besoins de la navigation, les exigences de l'industrie réclament qu'on applique à des travaux exécutés sur la Meuse des sommes énormes, l'énormité même de la dépense ne doit-elle pas nous engager à assurer pour l'avenir le résultat que nous voulons obtenir. Or, aussi longtemps que nous nous bornerons à combattre le fleuve aux points où il déborde, et que nous nous refuserons à attaquer le mal à sa source, nous ne pourrons jamais espérer de faire un travail d'une utilité permanente.

A ce sujet, nous signalerons encore les ravins et les vallons qui débouchent dans les grandes vallées et dont le fond, disposé en une série de plans inclinés, déverse avec violence les eaux qu'ils recueillent, dans le lit du torrent qui ne peut plus les contenir. Nous leur opposerons les vallons malheureusement trop rares dans lesquels la descente des eaux se fait par une suite de plans horizontaux et verticaux, c'est-à-dire dont le fond est disposé en gradins. Ici, les dégâts sont bien moins grands; en tombant d'un plan horizontal supérieur sur un plan inférieur, les eaux perdent par le choc contre ce dernier, la plus grande partie de la vitesse acquise dans leur chute verticale. Elles n'entraînent plus dans le torrent cette énorme quantité de matériaux qui en exhaussent le lit, et les débordements sont beaucoup plus rares.

Pour ramener les vallons dont le fond est disposé en plans inclinés à la conformation plus avantageuse en gradins, nous trouverons de bons enseignements dans la pratique des habitants de certaines localités des Apennins où les stratifications qui composent les montagnes sont très-fragiles et peuvent être entraînées facilement. Dès que le propriétaire d'un terrain situé dans le voisinage d'un ravin ou d'un vallon s'aperçoit que les eaux pluviale en corrodent le fond et tendent à le disposer en plan incliné, il établit, au point menacé, un barrage au moyen de troncs d'arbres de fascines et de grosses pierres; les eaux déposent en amont de

ce barrage les matériaux qu'elles entraînent et le plan incliné se trouve bientôt ransformé, par ces dépôts successifs, en un plan horizontal.

Il nous suffira donc pour corriger la conformation défectueuse du fond de nos ravins et vallons, de les barrer aux parties les plus resserrées. Le plan incliné en amont du premier barrage supérieur étant relevé, de pareils exhaussements se formeront successivement en amont des autres barrages, et la disposition en gradins sera facilement obtenue.

A tous ces travaux d'une exécution facile et pour lesquels on trouvera les matériaux sur les lieux, si l'on ajoute les barrages établis dans les gorges des montagnes, au point où elles présentent des dispositions favorables pour former de vastes bassins de retenue, et une exploitation bien ordonnée des forêts qui existent encore, on pourra retenir les crues de nos fleuves dans des limites infranchissables; l'écoulement régulier des eaux pluviales relèvera l'étiage pendant l'été, régularisera le système hydraulique des grandes vallées et des plaines et facilitera la navigation.

Nous ne saurions assez le répéter, c'est la destruction des forêts et le défrichement des montagnes qui sont les causes premières de tous nos désastres, par l'énorme accumulation des eaux, et l'immense entraînement de matériaux qu'ils déterminent; de là l'exhaussement progressif du lit des rivières et les changements continuels de celui des torrents; les sinuosités, les rapides, les bancs de graviers; les débordements dans les grandes vallées et dans les plaines; le prolongement des embouchures; la durée éphémère des redressements, la ruine des digues et des travaux de défense que nous élevons à grands frais.

Il ne peut plus exister de doute sur la nécessité, sur l'utilité des mesures que nous proposons. Elles seules peuvent protéger nos vallées et nos plaines, tout en se conciliant avec les intérêts des habitants des montagnes. Car loin de dépouiller ceux-ci de leurs terrains, elles les défendront de l'imminente destruction qui les menace; loin de diminuer leurs récoltes, elles les augmenteront et elles tendront même à rendre productifs des lieux aujourd'hui désolés et déserts. Enfin elles présentent sur les travaux de la plaine, l'immense avantage d'attaquer les fleuves à leur berceau, lorsqu'ils ne peuvent opposer qu'une faible résistance.

FIN.

IV. — *Notes sur l'Abaissement de certaines Equations au second degré ;*

PAR

J. N. Noël,

PROFESSEUR ÉMÉRITE DE L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE.

Comme les applications sont plus instructives que les théories et les font découvrir, le plus souvent; nous nous proposons ici d'indiquer un grand nombre d'exemples de l'abaissement de certaines équations au second degré ; exemples choisis parmi les équations binômes, trinômes, réciproques et autres.

On sait que la formule de Moivre donne les moyens de résoudre, par logarithmes et à l'aide des lignes numériques de la Trigonométrie, les équations binômes et trinômes : il en résulte en même temps les démonstrations fort simples des propriétés dont jouissent les racines de ces équations. — On sait aussi que les équations binômes servent à l'inscription des polygones réguliers *ordinaires* et *étoilés*, dont il faut *construire* les côtés et les exprimer conséquemment en fonctions du rayon du cercle, *par des radicaux du second degré ;* et cela exige l'abaissement à ce degré de certaines équations, dont quelques-unes sont réciproques.

Ceci montre l'importance de la théorie des équations binômes, trinômes et réciproques : aussi est-elle toujours établie, plus ou moins complètement, dans la haute Algèbre; et si nous considérons de nouveau cette théorie, c'est qu'elle nous paraît susceptible de modifications utiles sous le point de vue de la résolution des équations, *par radicaux du second degré.*

ÉQUATIONS BINÔMES I. On appelle *équation binôme*, toute équation que l'on peut ramener à la forme $z^m = a$ ou $z^m = -a$, a désignant un nombre donné. De plus, si l'on pose $z = x\sqrt[m]{a}$, ces deux équations deviennent

$$x^m - 1 = 0 \text{ et } x^m + 1 = 0. \ldots (1)$$

Comme $\sqrt[m]{a}$ représente un nombre que l'on peut toujours calculer, soit exactement, soit avec une approximation suffisante, à l'aide des tables de logarithmes, on voit qu'en multipliant par ce nombre chacune des valeurs de x, dans les deux équations (1), on aura chacune des valeurs de z, dans les deux équations proposées. Ainsi la résolution de ces proposées est ramenée à la résolution des équations (1), ou de $x^m=1$ et de $x^m=-1$, c'est-à-dire est ramenée *à calculer les expressions des racines* m *ièmes de* 1 *et de* —1, *par des radicaux du second degré.*

II. Si m est un nombre *impair* 3, 5, 7, 9, 11, etc., il est clair qu'en changeant x en $-x$ ou x en $x\times-1$, dans la seconde équation (1), on reproduit la première; et dans ce cas, *on aura toutes les racines* m *ièmes de* —1 *en multipliant par* —1 *chacune des racines* m *ièmes de* 1.

Considérons, par exemple, l'équation $x^3-1=0$: elle revient à

$$(x-1)(x^2+x+1)=0.$$

Pour que ce produit soit nul, il faut que l'un de ces deux facteurs soit zéro; et comme il n'y a pas de raison pour que le multiplicande soit nul plutôt que le multiplicateur, il faut les égaler séparément à zéro; ce qui donne

$$x-1=0 \text{ et } x^2+x+1=0 ; \quad \text{d'où}$$

$$x=1 \text{ et } x=\tfrac{1}{2}(-1\pm\sqrt{-3}).$$

Ainsi *la racine cubique de l'unité a toujours trois valeurs, dont deux imaginaires du second degré.* De plus, on vérifie aisément que *chacune de ces deux valeurs imaginaires, élevée au carré, reproduit l'autre exactement; et élevée au cube, elle reproduit l'unité*, comme cela doit être. — On vérifie d'ailleurs qu'en multipliant par —1 chacune des trois racines cubiques de 1, on a les trois racines cubiques de —1.

III. Si dans $x^m-1=0$, m est un *nombre premier* et par conséquent impair, et si α désigne l'une des racines imaginaires de cette équation; *je dis qu'en élevant* α *aux puissances* 1, 2, 3, 4,..., m, *on aura les* m *racines* m *ièmes de l'unité.* (L'équation $x^m=-1$ ne jouit pas de cette propriété).

D'abord, ayant $\alpha^m=1$, on a aussi $\alpha^{mp}=1$ ou $(\alpha^p)^m=1$, p étant $<m$; donc α^p est la racine m ième de l'unité. — Ensuite, les m puissances de α sont différentes; car si l'on pouvait avoir $\alpha^{n+p}=\alpha^n$, on aurait aussi $\alpha^p=1$, et α serait la racine p ième de l'unité et non la racine m ième, contrairement à l'hypothèse. — Enfin, les

puissances de α, supérieures à la m ième, reproduisent les puissances inférieures ; car, à cause de $\alpha^m=1$, on a $\alpha^{m+2}=\alpha^m\times\alpha^2=\alpha^2$. Donc *la racine* m *ième de* 1 *ou de* -1 *a toujours* m *valeurs différentes et jamais plus.*

IV. Observons toutefois que si m n'était pas un nombre premier, les puissances 1, 2, 3, ..., m d'une racine imaginaire α, ne reproduiraient point les m racines ; car si m valait 6, par exemple, d'où $\alpha^6=1$, on aurait $(\alpha^2)^3=1$; donc α^2 serait la racine cubique et non la racine sixième de l'unité. Il faut donc que m soit un nombre premier, dans $x^m=1$.

Si m n'est pas un nombre premier, la racine m ième de 1 ou de -1 a néanmoins toujours m valeurs différentes, et jamais plus. — Supposons $m=4$, et voyons comment on peut résoudre l'équation $x^4+1=0$.

Il est clair que cette équation devient successivement :

$$(x^2+1)^2=2x^2,\ x^2+1=\pm x\sqrt{2}$$
$$\text{et } x=\pm\tfrac{1}{2}\sqrt{2}\pm\tfrac{1}{2}\sqrt{-2}=\pm\tfrac{1}{2}(1\pm\sqrt{-1})\sqrt{2}.$$

Ainsi la racine quatrième de -1 a quatre valeurs imaginaires différentes, exprimées par des radicaux du second degré : chacune de ces racines, élevée à la 4 ième puissance reproduit -1, comme cela doit être ; mais les puissances 2 et 3 de l'une d'elles ne reproduisent aucune des trois autres. Les mêmes observations n'ont pas lieu pour les quatre racines quatrièmes de l'unité, savoir : ±1 et $\pm\sqrt{-1}$.

V. Résoudre les équations binômes $x^m=1$ et $x^m=-1$, c'est extraire les m racines m ièmes de 1 et de -1. Or, si m est le produit de deux facteurs p et q, *premiers entre eux*, on calculera les m racines m ièmes de 1, *en multipliant successivement chacune des* p *racines* p *ièmes de* 1 *par chacune des* q *racines* q *ièmes de* 1. Règle analogue pour le calcul des m racines m ièmes de -1.

Pour démontrer cette double règle, il suffit d'observer que

$$\sqrt[pq]{a}=\sqrt[p]{a^z}\times\sqrt[q]{a^v}\text{ donne } pv+qz=1.$$

Et puisque p et q sont donnés premiers entre eux, l'équation $pv+qz=1$ fera toujours connaître les deux nombres entiers v et z, l'un étant négatif nécessairement. De cette manière on trouve :

$$\sqrt[6]{1}=\sqrt{1}\times\sqrt[3]{1}\text{ et }\sqrt[6]{(-1)}=\sqrt{(-1)}\times\sqrt[3]{(+1)};$$
$$\sqrt[10]{1}=\sqrt{1}\times\sqrt[5]{1}\text{ et }\sqrt[10]{(-1)}=\sqrt{(-1)}\times\sqrt[5]{(+1)};$$
$$\sqrt[12]{1}=\sqrt{1}\times\sqrt[3]{1}\text{ et }\sqrt[12]{(-1)}=\sqrt{(-1)}\times\sqrt[3]{(-1)};$$
$$\sqrt[15]{1}=\sqrt[3]{1}\times\sqrt[5]{1}\text{ et }\sqrt[15]{(-1)}=\sqrt[3]{(-1)}\times\sqrt[5]{(+1)}.$$

On verra plus bas les expressions, en radicaux du second degré, des cinq racines cinquièmes de 1 et par conséquent de -1; on peut donc aussi exprimer de cette manière toutes les racines de 1 et de -1 dont les indices sont : 5, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, etc.

VI. Considérons maintenant l'équation binôme qui résulte de l'élimination de y entre les deux équations simultanées :

$$xy=a \text{ et } x^n+y^n=0, \text{ savoir } x^{2n}+a^n=0. \ \ldots \ (2)$$

Si a est positif, les $2n$ racines de cette équation sont imaginaires, évidemment. — Pour en faciliter le calcul, posons

$$B_n=x^n+y^n \text{ et } v=x+y, \ \ldots \ (3)$$

v étant une inconnue auxiliaire, dont la détermination fera connaître x par l'équation

$$v=x+ax^{-1} \text{ ou } x^2-vx=-a. \ \ldots \ (4)$$

Comme $B_n=0$, il faut, pour calculer v, exprimer B_n en a et v; il faut donc en éliminer x et y, à l'aide des équations $xy=a$ et $x+y=v$. Or en effectuant les opérations, il est clair qu'on a

$$x^n+y^n=(x+y)(x^{n-1}+y^{n-1})-xy(x^{n-2}+y^{n-2}) \ ;$$

$$\text{d'où } B_n=vB_{n-1}-aB_{n-2}. \ \ldots \ (5)$$

Cette équation identique conduit à l'expression cherchée de B_n en a et v; car ayant $B_0=2$ et $B_1=v$, on en déduit successivement :

$$\left.\begin{aligned} &B_2=v^2-2a, \ B_3=v^3-3av, \\ &B_4=v^4-4av^2+2a^2, \\ &B_5=v^5-5av^3+5a^2v, \\ &B_6=v^6-6av^4+9a^2v^2-2a^3, \\ &B_7=v^7-7av^5+14a^2v^3-7a^3v, \\ &B_8=v^8-8av^6+20a^2v^4-16a^3v^2+2a^4. \end{aligned}\right\} \ \ldots \ (6)$$

D'après ces formules, que l'on peut continuer aussi loin qu'on voudra, on exprime aisément les valeurs de v, par des radicaux du second degré, dans les équations $B_2=0$, $B_3=0$, $B_4=0$, $B_5=0$ et $B_6=0$.

Considérons, par exemple, la dernière qui répond à $x^{12}+a^6=0$. Il est facile de voir que les racines de $B_6=0$ sont données par $v^2=2a$ et $v^2=2a\pm a\sqrt{3}$.

Les six racines de $B_6=0$ sont donc réelles. D'ailleurs l'équation

$$x^2-vx=-a \text{ donne } x=\tfrac{1}{2}v\pm\tfrac{1}{2}\sqrt{(v^2-4a)}.$$

Substituant donc successivement les six valeurs de v, il en résulte les expressions, en radicaux du second degré, des 12 racines imaginaires de $x^{12}+a^6=0$.

VII. Observons, avec M. Serret, que dans l'équation $B_n = 0$, où v est l'inconnue, les n racines sont toutes réelles. Soit en effet, la suite (b) de fonctions de v, savoir :

$$B_n, B_{n-1}, \ldots, B_3, B_2, B_1, B_0. \ \ldots \ (b)$$

On sait que B_0 est constant et égal à $+2$; on sait de plus que trois fonctions consécutives de la suite (b) sont liées par la relation $B_m = vB_{m-1} - aB_{m-2}$.

Le théorème de M. Sturm s'applique donc exactement à la suite proposée. Si donc l'inconnue v varie, par degrés insensibles, et passe par toutes les valeurs numériques, depuis -2 jusqu'à $+2$ la suite (b) perdra autant de variations de signes que l'équation $B_n = 0$ a de racines réelles comprises entre $v = -2$ et $v = +2$. Or, pour $v = -2$, on a

$$B_0 = +2, B_1 = -2, B_2 = +2, B_3 = -2, B_4 = +2, \text{ etc.}$$

Mais pour $v = +2$, il vient

$$B_0 = +2, B_1 = +2, B_2 = +2, B_3 = +2, B_4 = +2, \text{ etc.}$$

On voit qu'en passant de $v = -2$ à $v = +2$, la suite (b) perd n variations de signes; donc l'*équation* $B_n = 0$ *a ses* n *racines réelles et comprises entre* -2 *et* $+2$.

On voit de plus qu'autant la suite (b) perd de variations, depuis $v = p$ jusqu'à $v = q$, autant l'équation $B_n = 0$ a de racines réelles comprises entre p et q.

VIII. Pour nouvelle application, cherchons les huit racines imaginaires de l'équation $x^8 + 1 = 0$. Ici $a = 1$ et

$$B_4 = v^4 - 4v^2 + 2 = 0; \text{ d'où}$$
$$v = \pm\sqrt{(1 \pm \sqrt{2})} \text{ et par suite}$$
$$x = \pm\tfrac{1}{2}\sqrt{(2 \pm \sqrt{2})} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{(-2 \pm \sqrt{2})}.$$

Ainsi les 4 valeurs de v sont réelles, tandis que les 8 racines huitièmes de -1 sont imaginaires et exprimées par des radicaux du second degré. — Pour $x^{16} + 1 = 0$, on a $B_8 = 0$. Cette équation, en extrayant la racine carrée du premier membre, se partage en deux équations du 4^{me} degré, mais résolubles chacune comme les équations du second. Il en résulte donc 8 racines réelles pour x et 16 valeurs imaginaires pour x, toutes exprimées par des radicaux du second degré; et l'on peut aussi exprimer de cette manière les 24 racines vingt-quatrièmes de -1; etc.

IX. Voyons maintenant comment on peut résoudre l'équation binôme $x^m - 1 = 0$, où l'exposant m est le nombre impair $2n+1$,

Une première racine est $x=1$. Supprimant cette racine en divisant le premier membre par $x-1$ et égalant le quotient à zéro, il vient, pour calculer les $2n$ autres racines, l'équation *réciproque* dont tous les coëfficients sont égaux à l'unité, savoir :

$$x^{2n}+x^{2n-1}+\ldots+x^2+x+1=0.$$

Divisant les deux membres par x^n, puis faisant toujours $v=x+x^{-1}$ et $B_n=x^n+x^{-n}$, il vient

$$B_n+B_{n-1}+\ldots+B_2+B_1+1=0.$$

Posant $a=1$ dans les équations (6), on a les expressions en v de chacun des termes de l'équation précédente ; de sorte qu'en désignant par P_n le premier membre, polynôme de n ième degré en v, il ne reste plus à résoudre que l'équation $P_n=0$, où l'inconnue est v.

Pour calculer avec facilité, l'expression de P_n en n et v, on a

$$\begin{aligned}
&B_n=vB_{n-1}-B_{n-2},\\
&B_{n-1}=vB_{n-2}-B_{n-3}.\\
&\ldots\ldots\ldots\\
&B_2=vB_1-2.
\end{aligned}$$

Ajoutant ces équations entre elles et observant que $B_1=v$, on a

$$P_n-B_1-1=v(P_{n-1}-1)-(P_{n-2}+1);$$

d'où $P_n=vP_{n-1}-P_{n-2}$. ... (7)

Ici $P_0=1$ et $P_1=B_1+1=v+1$; par suite on a successivement :

$$\left.\begin{aligned}
&P_2=v^2+v-1,\ P_3=v^3+v^2-2v-1,\\
&P_4=v^4+v^3-3v^2-2v+1,\\
&P_5=v^5+v^4-4v^3-3v^2+3v+1,\\
&P_6=v^6+v^5-5v^4-4v^3+6v^2+3v-1,\\
&P_7=v^7+v^6-6v^5-5v^4+10v^3+6v^2-4v-1.
\end{aligned}\right\}\ldots(8)$$

Par ces valeurs, que l'on peut continuer aussi loin qu'on voudra, on démontre, comme pour $B_n=0$, que les n racines de l'équation $P_n=0$ sont réelles et toutes comprises entre $v=-2$ et $v=+2$.

X. On sait résoudre les équations $P_1=0$ et $P_2=0$, qui répondent à $x^3-1=0$ et à $x^5-1=0$. Pour cette dernière, on a

$$v=\tfrac{1}{2}(-1\pm\sqrt{5})\ ;\ \text{d'où}$$

$$x=\tfrac{1}{4}(-1\pm\sqrt{5})\pm\tfrac{1}{4}\sqrt{(-10\mp 2\sqrt{5})}.$$

Les deux valeurs de v sont réelles, tandis que les quatre va-

leurs de x sont imaginaires. Ainsi *la racine cinquième de* 1 *a toujours cinq valeurs, dont une seule* 1 *réelle et les quatre autres imaginaires, exprimées par des radicaux du second degré.* On vérifie d'ailleurs que si α désigne l'une des quatre valeurs imaginaires; α, α^2, α^3, α^4 et α^5 expriment les cinq racines de l'équation $x^5-1=0$.

Multipliant par -1 chacune des 5 racines cinquièmes de l'unité on obtient les 5 racines cinquièmes de -1. — On trouve de même les 15 racines quinzièmes de -1, à l'aide des 15 racines quinzièmes de l'unité. Et quant à ces 15 dernières, on les calcule, ainsi qu'on l'a démontré plus haut, en multipliant successivement chacune des 5 racines cinquième de 1 par chacune des 3 racines cubiques de l'unité; de sorte que les 15 racines quinzièmes de l'unité sont encore exprimées par des radicaux du second degré; mais la seule racine 1 est réelle.

On ne peut résoudre ici l'équation $P_n=0$, par des radicaux du second degré, que pour $n=1$ et $n=2$: seulement on a $v=-1$ dans $P_4=0$ et $P_7=0$, qui répondent à $x^9-1=0$ et à $x^{15}-1=0$.

Équations trinômes I. Éliminant y entre les deux équations simultanées $xy=a$ et $x^n+y^n=b$, il en résulte l'*équation trinôme* la plus générale, savoir :

$$x^{2n}-bx^n=-a^n. \quad \ldots \quad (9)$$

On en tire d'abord la double équation binôme :

$$x^n=\tfrac{1}{2}b\pm\sqrt{(\tfrac{1}{4}b^2-a^n)}. \quad \ldots \quad (10)$$

Soit A la racine n ième du second membre et soit posé $x=Az$: il en résulte $z=\sqrt[n]{1}$ et par suite

$$x=\sqrt[n]{[\tfrac{1}{2}b\pm\sqrt{(\tfrac{1}{4}b^2-a^n)}]}\sqrt[n]{1}.$$

D'ailleurs $v=x+ax^{-1}$ donne $x=\frac{1}{2}v\pm\frac{1}{2}\sqrt{(v^2-4a)}$; donc, si l'on prend seulement une valeur de v, on a

$$x=[\tfrac{1}{2}v\pm\tfrac{1}{2}\sqrt{(v^2-4a)}]\sqrt[n]{1}. \quad \ldots \quad (11)$$

L'inconnue auxiliaire v est déterminée par l'équation $B_n=b$, de degré n en v. — Ne prenant toujours que la plus simple valeur de v, on a, pour extraire la racine n ième du double binôme ci-dessus, du second degré, la formule :

$$\sqrt[n]{[\tfrac{1}{2}b\pm\sqrt{(\tfrac{1}{4}b^2-a^n)}]}=[\tfrac{1}{2}v\pm\tfrac{1}{2}\sqrt{(v^2-4a)}]\sqrt[n]{1}. \quad \ldots \quad (12)$$

II. D'après ces formules, soit à résoudre le système de trois équations, à trois inconnues, savoir :

$$xy=-2,\ x^3+y^3=20 \text{ et } x+y=v.$$

Éliminant y entre les deux premières équations, l'équation tri-

nôme résultante donne d'abord $x^3=10\pm\sqrt{108}$. Ensuite, à cause de $a=-2$, de $b=20$ et de $B_3=20$, on a

$$v^3+6v=20.$$

Cette équation est satisfaite par $v=2$; donc la formule (11) devient

$$x=(1\pm\sqrt{3})\sqrt[3]{1}\text{ ; d'où }y=(1\mp\sqrt{3})\sqrt[3]{1}.$$

On aura donc les six valeurs de x et les six de y en multipliant successivement par les trois racines cubiques de l'unité, savoir 1 et $\frac{1}{2}(-1\pm\sqrt{-3})$. On aurait les mêmes valeurs respectives en supprimant $\sqrt[3]{1}$ dans (11) et en y substituant successivement $v=2$ et $v=-1\pm\sqrt{-1}$; car $\mp6\sqrt{-1}=(\mp\sqrt{5}\pm\sqrt{-5})^2$.

III. On vient d'extraire, d'après la formule (12), les six racines cubiques du double binôme $10\pm\sqrt{208}$. Pareillement, si l'on veut extraire les 8 racines quatrièmes du double binôme $17\pm\sqrt{288}$, on aura à résoudre l'un des deux systèmes d'équations :

$$xy=1,\ x^4+y^4=34\text{ et }x+y=v\text{ ;}$$
$$xy=-1,\ x^4+y^4=34\text{ et }x+y=v.$$

Ces deux systèmes fournissent les huit mêmes racines quatrièmes cherchées : seulement les quatre valeurs de v sont $\pm2\sqrt{2}$, $\pm2\sqrt{-1}$ dans le premier et ±2, $\pm2\sqrt{-2}$ dans le second.

IV. On peut aussi exprimer, par des radicaux du second degré, les 16 racines seizièmes de -1. D'abord l'équation $x^{16}+1=0$ fournit la double équation trinôme

$$x^8+1=\pm x^4\sqrt{2},\text{ d'où }x^4+y^4=\pm\sqrt{2}.$$

Ensuite, à cause de $xy=1$, $a=1$ et $B_4=\pm\sqrt{2}$, on a

$$v^4-4v^2+2=\pm\sqrt{2}\text{ et }v=\pm\sqrt{2\pm\sqrt{(2\pm\sqrt{2})}}.$$

Ces huit valeurs de v sont réelles : si on les substitue successivement dans la formule (11), où l'on supprime $\sqrt[3]{1}$ (puisque v ayant huit valeurs, x en aura 16), il vient, pour calculer les 16 valeurs imaginaires de la racine seizième de -1, la formule

$$x=\pm\tfrac{1}{2}\sqrt{2\pm\sqrt{(2\pm\sqrt{2})}}\ \pm\tfrac{1}{2}\sqrt{-2\pm\sqrt{(2\pm\sqrt{2})}}.$$

V. On vient de voir que la résolution de l'équation binôme $x^{16}+1=0$ conduit à résoudre deux équations trinômes. De même, l'équation $x^3-1=0$ se résout par $x^3-1=0$ et $x^6+x^3+1=0$. Cette dernière donne $x=\sqrt[3]{(-\frac{1}{2}\pm\frac{1}{2}\sqrt{-3})}$. Mais il est impossible d'exprimer, par des radicaux du second degré, la racine cubique du double binôme $-\frac{1}{2}\pm\frac{1}{2}\sqrt{-3}$.

Il n'en est pas de même de l'équation binôme $x^{10}+1=0$. Cette équation, en effet, se partage dans les deux $x^5+1=0$ et $x^{10}-x^5+1=0$; lesquelles donnent

$$x=\sqrt[5]{-1} \text{ et } x=\tfrac{1}{2}(1\pm\sqrt{-3})\sqrt[5]{1}.$$

De sorte que les 15 racines quinzièmes de -1, dont une seule -1 réelle, sont exprimées par des radicaux du second degré; ce qu'on a déjà remarqué plus haut.

VI. Voici encore quatre systèmes et leurs solutions en x :

$xy=2$ et $x^5+y^5=-8$; d'où $x=(1\pm\sqrt{-1})\sqrt[5]{1}$;

$xy=1$ et $x^6+y^6=198$; d'où $x=(1\pm\sqrt{2})\sqrt[6]{1}$;

$xy=-3$ et $x^5+y^5=738\sqrt{3}$; d'où $x=(\sqrt{3}\pm\sqrt{6})\sqrt[5]{1}$;

$xy=2$ et $x^7+y^7=16$; d'où $x=(1\mp\sqrt{-1})\sqrt[7]{1}$.

Dans le premier système, où $B_5=-8$, on a $v=2$, etc. Mais dans le dernier système, les 7 racines septièmes de l'unité ne peuvent s'exprimer par des radicaux du second degré; et pour calculer six de ces racines, il faut recourir aux tables trigonométriques, d'après la formule de Moivre.

VII. La formule (12) conduit à exprimer, par des radicaux du second degré, les racines n ièmes du double binôme réel $p\pm\sqrt{q}$, p et q étant deux nombres quelconques réels, le premier p positif ou négatif, mais le second q toujours positif. Toutefois, pour que ces racines n ièmes soient exprimées par des radicaux du second degré, il faut que l'on sache exprimer de cette manière toutes les racines n ièmes de 1, et qu'on puisse calculer une valeur de v dans l'équation $B_n=b$, laquelle est du degré n en v.

Soit $i=\sqrt{-1}$, d'où $i^2=-1$, etc. Considérons le double binôme imaginaire $p\pm qi$, q étant un nombre réel positif et p un nombre réel, positif ou négatif. Si x désigne l'une quelconque des $2n$ racines n ièmes de ce binôme, on aura successivement :

$$x^n=p\pm qi,\ x^{2n}-2px^n+p^2+q^2=0,$$
$$a^n=p^2+q^2,\ x^n+a^nx^{-n}=2p \text{ et } v=x+ax^{-1}.$$

Désignant toujours par B_n le binôme $x^n+a^nx_i^{-n}$ et éliminant x, comme on l'a vu plus haut, B_n sera exprimé en a et v et l'on aura, pour calculer v, l'équation $B_n=2p$, du degré n en v. Ensuite, pour calculer les $2n$ valeurs de x, on aura la formule

$$x=\sqrt[n]{(p\pm qi)}=[\tfrac{1}{2}v\pm\tfrac{1}{2}\sqrt{(v^2-4a)}]\sqrt[n]{1}. \quad \ldots \quad (13)$$

Pour que cette formule puisse s'appliquer, il faut d'abord que p^2+q^2 soit la puissance n ième exacte d'un nombre entier a; il

faut ensuite que l'on puisse calculer au moins une valeur de v, entière ou irrationnelle du second degré, dans l'équation $B_n = 2p$; il faut enfin que l'on connaisse, en radicaux du second degré, les n racines n ièmes de l'unité. On pourra donc exprimer, en radicaux du second degré et à l'aide de la formule (13), les $2n$ racines n ièmes de $p \pm qi$, si toutes les conditions ci-dessus sont remplies. Or elles le sont : 1° pour $n=3$, si $p=\pm 2$ et $q=2$, ou si $p=\pm 5$ et $q=\sqrt{2}$; 2° pour $n=4$, si $p=\pm 7$ et $q=\sqrt{32}$; 3° pour $n=5$, si $p=\pm\frac{1}{2}$ et $q=\frac{1}{2}\sqrt{5}$, ou si $p=\pm 4$ et $q=4$; 4° etc.

Il est fort rare que l'on puisse exprimer en radicaux du second degré les $2n$ racines n ièmes de $p \pm qi$; mais, à l'aide de la formule de Moivre, on peut toujours calculer ces $2n$ racines par logarithmes, d'après les Tables trigonométriques : chaque racine est de la forme $A+B\sqrt{-1}$, A et B étant deux nombres réels, positifs ou négatifs. D'où il suit que *le calcul des radicaux imaginaires de degrés pairs quelconques est ainsi ramené au calcul des radicaux imaginaires du second degré;* ce qui est beaucoup plus simple.

VIII. Posant toujours $i=\sqrt{-1}$ et faisant $p^2+q^2=k^2$, on trouve :

$$\sqrt{(p \pm qi)} = \pm\sqrt{(\tfrac{1}{2}p+\tfrac{1}{2}k)} \pm i\sqrt{(\tfrac{1}{2}k-\tfrac{1}{2}m)}.$$

Par cette formule, si $p=0$ et $q=1=k$, il vient :

$$\sqrt{i} \text{ ou } \sqrt{-1} = \pm\sqrt{\tfrac{1}{2}} \pm i\sqrt{\tfrac{1}{2}}.$$

De même, si $p=q=\pm\sqrt{\frac{1}{2}}$, d'où $k=1$, on a les 8 racines huitièmes de -1, déjà calculées. On aura de même les 16 racines seizièmes de -1, les 32 racines trente-deuxièmes, etc. On voit que les racines de -1, dont l'indice est 2^v, sont au nombre de 2^v et chacune de la forme $A+Bi$, A et B étant des nombres réels, exprimés par des radicaux du second degré.

IX. La décomposition du premier membre de l'équation, *en facteurs inconnus*, quand elle est possible, partage parfois cette équation en deux équations binômes ou trinômes, et conduit par suite à exprimer les racines de l'équation proposée par des radicaux du second degré. — En voici plusieurs exemples :

1° Soit $x^{10}+x^9-x^8+x^6+x^5-x^4+x^2+x-1=0.$

Cette équation se partage dans les deux équations trinômes, que l'on sait résoudre, savoir :

$$x^2+x-1=0 \text{ et } x^8+x^6+1=0.$$

2° On peut aussi ramener à deux équations trinômes l'équation

$$x^{16}-4x^{14}+x^{12}+2x^{10}-8x^8+2x^6+x^4-4x^2+1=0.$$

3° Et quant à l'équation

$$x^6-2x^5+2x^4-4x^3+8x-8=0,$$

elle se partage dans les deux

$$x^3-2x+2=0 \text{ et } x^4-4=0.$$

4° On calcule aisément les valeurs de x qui répondent au *minimum* de a, dans l'équation

$$x^6-6x^4+ax^3+9x^2-3ax+4=0.$$

Cette équation, en effet, revient à

$$(x^3-3x)^2+a(x^3-3x)+4=0.$$

5° Enfin, l'équation $P_7=0$, où $v=-1$, s'abaisse à une équation du 6^{me} degré en v, laquelle revient à

$$(v^3-3v)^2+(v^3-3v)-1=0, \text{ d'où}$$

$$v^3-3v+\tfrac{1}{2}(1+\sqrt{5})=0 \text{ et } v^3-3v+\tfrac{1}{2}(1-\sqrt{5})=0.$$

La première de ces équations est satisfaite par $v=\frac{1}{2}(-1+\sqrt{5})$ et la seconde par $v=-\frac{1}{2}(1+\sqrt{5})$; d'où résultent ensuite les quatre autres valeurs de v. Ainsi dans $P_7=0$, les 7 valeurs de v, sont réelles et six exprimées par des radicaux du second degré. — De là on déduirait les 14 racines quinzièmes imaginaires de l'unité ; mais on sait les calculer beaucoup plus simplement.

Expression du binôme B_n. On a calculé plus haut les expressions en a et v des huit premiers numéros de B, à l'aide des deux numéros de B immédiatement précédents. Or pour connaître la composition de B_n en a, v et n, supposons $n=7$: on sait que

$$B_7=v^7-7av^5+14a^2v^3-7a^3v.$$

Pour voir comment le n° 7 de B entre dans cette expression, il suffit d'observer que

$$14=\frac{7(7-3)}{1.2} \text{ et } 7=\frac{7(7-4)(7-5)}{1.2.3};$$

car alors il est clair qu'on a

$$B_7=v^7-7av^5+\frac{7(7-3)}{1.2}a^2v^3-\frac{7(7-4)(7-5)}{1.2.3}a^3v.$$

De là donc, en généralisant, on est conduit à poser

$$B_n = v^n + (-a)nv^{n-2} + (-a)^2 \frac{n(n-3)}{1.2} v^{n-4} + \ldots +$$

$$(-a)^p \frac{n(n-p-1)(n-p-2)\ldots(n-2p+1)}{1.2.3.4\ldots p} v^{n-2p} + \text{etc.} \ldots (14)$$

Réciproquement, n étant un nombre entier positif quelconque, voyons quelle est l'expression immédiate en a, v et n de la fonction inconnue $f(n)$ dont la série (14) est le développement.

D'abord l'expression immédiate cherchée existe et conserve absolument la même forme, pour toute valeur entière et positive de n; de sorte que si n est un numéro de B, n reste encore un numéro de B pour $n=8$, par exemple. Mais pour $n=8$, on sait que la série (14) exprime B_8; donc puisque l'hypothèse de $n=8$ donne $f(8)=B_8$, sans changer la forme de $f(n)$, il s'ensuit qu'avant cette hypothèse, on avait $f(n)=B_n$. Donc, pour toute valeur entière et positive de n, la série (14) exprime la valeur de B_n; ce qu'il fallait démontrer.

Série circulaire. Soit 1 la mesure du rayon trigonométrique et soit toujours posé $i=\sqrt{-1}$. Comme il est évident que les racines de l'équation $x^{2n}+1=0$ sont imaginaires, l'une quelconque de ces racines est de la forme

$$x=\cos z + i \sin z \text{ ou } x=c+is,$$

en posant $\cos z=c$ et $\sin z=s$. Observant d'ailleurs que

$$v=x+x^{-1} \text{ et } B_n=x^n+x^{-n},$$

on verra, par la formule de Moivre, que $v=2c$ et $B_n=2\cos nz$. Ces valeurs étant substituées dans la formule (14), où $a=1$, donnent

$$2\cos nz = (2c)^n - n(2c)^{n-2} + \frac{n(n-3)}{1.2}(2c)^{n-4} - \ldots +$$

$$(-1)^p \frac{n(n-p-1)(n-p-2)\ldots(n-2p+1)}{1.2.3.4\ldots p}(2c)^{n-2p} + \text{etc.}$$

Cette série importante, expression de $2\cos nz$ en fonction des puissances de $2\cos z$, en fournit plusieurs autres et notamment la série qui exprime le rapport de $\sin nz$ à s en fonction des puissances de $\cos z$. (Voyez à la page 178 du *Cours d'Algèbre supérieure*, par M. Serret, Paris, 1849).

Expression du polynôme P_n. On a calculé plus haut les expressions en v des sept premiers numéros de P. Or, examinant com-

ment chaque expression est composée du numéro correspondant de P, on est conduit à poser

$$P_n = v^n + v^{n-1} - (n-1)v^{n-2} - (n-2)v^{n-3} + \frac{(n-2)(n-3)}{1\cdot 2}v^{n-4} +$$

$$\frac{(n-3)(n-4)}{1\cdot 2}v^{n-5} - \ldots + (-1)^p \frac{(n-p)(n-p-1)\ldots(n-2p+1)}{1\cdot 2\cdot 3\ldots p}v^{n-2p}$$

$$+ (-1)\frac{(n-p-1)(n-p-2)\ldots(n-2p)}{1\cdot 2\cdot 3\ldots p}v^{n-2p-1} + \text{etc.} \quad \ldots \quad (15)$$

On démontre, comme plus haut, que réciproquement, la fonction inconnue $f(n)$ exprimée par la série (15), est $f(n) = P_n$ pour toutes les valeurs entières et positives de n.

Méthode fonctionnelle. La *méthode fonctionnelle*, que nous venons d'employer, fait trouver très-simplement la *fonction* dont le *développement* est donné. Cette méthode repose sur ce que les valeurs particulières de la variable ne peuvent changer aucunement ni les opérations indiquées sur elle, ni le rôle qu'elle remplit dans l'expression immédiate de la fonction inconnue; de sorte que, par exemple, si la variable x y est *exposant*, elle y reste encore *exposant* pour $x = -\frac{3}{4}, \sqrt{2}, \sqrt{-4}$; et cela est évident. *Si donc l'expression immédiate de la fonction est connue pour des valeurs particulières de la variable, elle est connue également pour toutes les valeurs possibles de cette variable.*

C'est ainsi qu'on démontre, fort simplement, la généralité complète de la plus simple des *séries binomiales*. — Pour démontrer de même la plus simple des *séries exponentielles* et la découvrir, cherchons l'expression immédiate de y ou $f(x)$ dans l'équation identique :

$$y = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{2\cdot 3} + \frac{x^4}{2\cdot 3\cdot 4} + \ldots + \frac{x^v}{2\cdot 3\cdot 4\ldots v} + \text{etc.}$$

Si $x = 1$, la série, valeur de y, est assez convergente; car on démontre que la somme de tous les termes qui suivent le v ième t est moindre que le quotient de t par v. Si donc on réduit en huit décimales exactes les douze premiers termes de la série, lorsque $x = 1$, le douzième ne donne rien, ainsi que la somme de tous ceux qui le suivent; la somme des onze premiers exprime donc, avec huit décimales exactes, la valeur de toute la série, et l'on a $y = 2{,}71828183$. Soit e ce nombre décimal constant : on a donc

$$y = e = e^1 \text{ et } y = e^x, \text{ vu que } 1 = x.$$

Pour $x=-1$, la série fournit un nombre de huit décimales exactes, égal au quotient de 1 par e; donc alors $y=e^{-1}$ ou encore $y=e^x$, puisque $-1=x$.

Enfin, si $x=\frac{1}{2}$, la série donne un nombre de huit décimales exactes, égal à la racine carrée de e; et alors on a $y=e^{\frac{1}{2}}$ ou encore $y=e^x$, vu que $\frac{1}{2}=x$.

Les hypothèses de $x=1$, $x=-1$ et $x=\frac{1}{2}$ ne sauraient changer l'expression immédiate de y en e et x; donc, puisque chaque fois on a $y=e^x$, il s'ensuit qu'avant ces hypothèses on avait déjà $y=e^x$. Donc quelle que soit la variable x, positive ou négative, rationnelle ou non, et même imaginaire, la série proposée est tous jours le développement de e^x : c'est la *série exponentielle* générale, la plus simple et la plus usitée.

Remarque I. La généralité complète de la série binomiale étant démontrée, on en déduit facilement la série exponentielle ci-dessus. — Concevons en effet l'unité divisée en un nombre *infini* n de parties égales à p et par suite *infiniment petites*, de telle sorte qu'on ait $np=1$. Soit e le nombre tel qu'on ait

$$e=(1+p)^n;\ \text{d'où}\ e^x=(1+p)^{nx},$$

x étant quelconque, nombre ou symbole. Développant d'après la la série binomiale, où l'exposant nx est quelconque, puis réduisant par $np=1$; il est clair que le développement résultant est composé de deux parties, l'une indépendante de p, laquelle se trouve en posant $p=0$ et qui est précisément la série exponentielle désignée plus haut par y; tandis que l'autre partie a pour facteur p et peut se désigner par kp. Ainsi on aura toujours

$$e^x=y+kp.$$

La partie p étant infiniment petite, le produit kp est lui-même infiniment petit, c'est-à-dire moindre que la plus petite partie imaginable de l'unité. Si donc on devait conserver kp pour augmenter y, il faudrait, pour énoncer et bien connaître la somme, dire quelle fraction kp est de l'unité; chose impossible, vu que kp est d'une petitesse *inassignable*, comme échappant à l'imagination la plus exercée sur la ténuité. On doit donc forcément *négliger* le produit kp ou le regarder comme absolument *nul*, et l'on a toujours nécessairement $e^x=y$.

Remarque II. Soit toujours $np=1$, n étant *infini* et p *infiniment petit* et par conséquent *variable*, aussi bien que n : il est clair que le développement de $(1+p)^n$ renferme une partie cons-

tante et une partie variable avec p. Soit e la partie constante et hp la partie variable : on a donc

$$e+hp=(1+p)^n;\ \text{d'où}\ (e+hp)^x=(1+p)^{nx}.$$

Développant, d'après la série binomiale, et réduisant à l'aide de $np=1$; le premier développement sera évidemment de la forme e^x+mp, tandis que le second se composera de la série y ci-dessus et de la série kp. On aura donc l'identité

$$e^x+mp=y+kp;\ \text{d'où}\ e^x=y+(k-m)p.$$

Dans cette équation, *toujours exacte*, les quantités e, x et y sont *constantes*, mais $(k-m)p$ est *variable* avec le nombre infiniment petit p. Si donc le facteur binôme $k-m$ n'était pas *nul*, la quantité constante e^x serait toujours égale à une quantité variable; chose absurde. On a donc nécessairement $k-m=0$ et $e^x=y$; ce qu'il fallait démontrer.

Remarque III. Par la *règle des variables auxiliaires*, que nous venons d'appliquer, les séries binomiale et exponentielle fournissent directement la plus simple des *séries logarithmiques*. On pose

$$e^m=1+x;\ \text{d'où}\ l(1+x)=mle\ \text{et}\ e^{mz}=(1+x)^z.$$

Substituant les développements des deux membres de cette dernière identité, puis supprimant 1 de part et d'autre, et divisant par z; il est clair d'abord que le premier membre de l'identité résultante est $m+kz$. Ensuite, pour avoir, dans le second membre la série S des termes indépendants de z, il faut y poser $z=0$; ce qui donne aisément

$$S=x-\tfrac{1}{2}x^2+\tfrac{1}{3}x^3-\tfrac{1}{4}x^4+\tfrac{1}{5}x^5-\tfrac{1}{6}x^6+\text{etc.}$$

Si donc on désigne par hz l'ensemble des termes du même second membre qui ont z pour facteur, on aura

$$m+kz=S+hz\ \text{ou}\ m=S+(h-k)z.$$

Dans cette équation, *toujours exacte*, les termes m et S sont *constants* avec e et x, tandis que le produit $(h-k)z$ *varie* avec z. Si donc $h-k$ n'était pas *nul*, la quantité constante m serait toujours égale à une quantité variable; chose absurde. Il faut donc que $h-k=0$ et $m=S$; d'où

$$l(1+x)=le(x-\tfrac{1}{2}x^2+\tfrac{1}{3}x^3-\tfrac{1}{4}x^4+\text{etc.})$$

Équations du troisième degré. — L'application de l'Algèbre aux problèmes *déterminés* de géométrie conduit souvent à des équations finales du *troisième degré* et même du *quatrième*, dont il faut *construire* les racines réelles. Or, cela exige que ces racines soient

ou *rationnelles* ou exprimées *par des radicaux du second degré.* — Souvent aussi il est nécessaire de calculer les racines avec un degré d'approximation assigné; ce à quoi l'on parvient par différentes méthodes approximatives, comme on sait, et plus directement par les lignes numériques de la trigonométrie; mais il ne s'agit ici que de quelques *particularités* de l'équation générale du troisième degré.

I. Si dans l'équation du troisième degré, on connaît une racine *rationnelle*, nécessairement *diviseur du dernier terme*, les deux autres racines sont données par une équation du second degré et sont par suite faciles à construire ou à calculer. C'est ainsi qu'on résoudra chacune des équations :

$$x^3 - 3ax^2 - (ab - 2a^2)x + a^2b = 0,$$

$$x^3 - 27a^3c^3x - 27a^3c^3(a^3 + c^3) = 0.$$

Les racines rationnelles sont $x = a$, dans la première équation, et $x = 3ac(a + c)$ dans la seconde.

II. Ajoutant x^3 aux deux membres de l'équation

$$x^3 = 12x + 6x^2 + 8,$$

et posant $a^3 = 2$, pour simplifier, on trouve

$$a^3x^3 = (x+2)^3; \text{ d'où } ax = (x+2)\sqrt[3]{1}.$$

L'équation n'a donc que la seule racine réelle, donnée par $ax = x + 2$, savoir : $x = 2$ sur $(a - 1)$; et pour en connaître le degré d'approximation, il faut rendre *rationnel* le dénominateur $a - 1$ en multipliant les deux termes par $a^2 + a + 1$. A cause de $a^3 = 2$, il est clair qu'alors le nouveau dénominateur $a^3 - 1$ se réduit à l'unité.

III. Considérons une équation dont le dernier terme soit inconnu ou entièrement arbitraire, savoir :

$$x^3 - 2ax^2 + m = 0.$$

On peut toujours disposer de la valeur de m pour que l'équation ait une racine de la forme $x = \sqrt[3]{m}$; et cette valeur de m est a^3, d'où $x = a$. Mais, pour $m = a^3$, l'équation proposée admet encore deux autres racines réelles. — On trouve d'ailleurs que le *maximum* de m est $m = \frac{32}{27}a^3$, et répond à $x = \frac{4}{3}a$. — On peut considérer $x^3 - 3ax^2 + 6abx - m = 0$.

IV. Résoudre complètement chacune des équations :

$$x^3 - x^2 - 14x + 24 = 0 \text{ et } 4x^3 + 3x^2 - 8x - 6 = 0,$$

sachant que 5 est la somme de deux racines, dans la première, et

que deux racines sont égales et de signes contraires, dans la seconde.

V. A l'aide des relations entre les racines et les coëfficients de l'équation générale du troisième degré, on peut calculer les conditions que ces coëfficients doivent remplir, 1° pour que deux racines soient ou *égales entre elles* ou *égales et de signes contraires;* 2° pour que les trois racines soient ou en *proportion* ou en *équidifférence continue :* chaque fois, si les conditions sont remplies, on peut calculer les trois racines de l'équation proposée.

Réciproquement, on peut calculer le coëfficient inconnu et résoudre les deux équations ci-dessous, si l'on sait que les racines sont en *proportion continue*, dans la première, et en *équidifférence continue*, dans la seconde, savoir :

$$x^3 - 21x^2 + qx - 216 = 0,$$
$$x^3 - 21x^2 + 122x - r = 0.$$

Équations du quatième degré I. Soit d'abord l'équation

$$x^4 - 2px^3 + p^2x^2 - m = 0.$$

Si p est un nombre donné, mais m inconnu, on peut toujours disposer de la valeur de m pour que la racine 4^{me} de m soit une racine de l'équation proposée; et pour cela, il faut que $m = \frac{4}{10}p^4$; d'où $x = \frac{1}{2}p$. Mais, pour cette valeur de m, on a encore $x = \frac{1}{2}p \pm \frac{1}{2}p\sqrt{2}$. — On trouve aussi que $x = \frac{1}{2}p$ répond au *maximum* de m, savoir $m = \frac{1}{16}p^4$; tandis que $x = p$ répond au *minimum* de m, savoir $m = 0$.

II. D'après les relations entre les racines et les coëfficients de l'équation générale du quatrième degré, on peut calculer les conditions que les coëfficients doivent remplir, 1° pour que deux racines soient ou *égales entre elles* ou *égales et de signes contraires;* 2° pour que les racines soient ou en *proportion* ou en *équidifférence :* chaque fois, si les conditions sont remplies, on peut calculer les racines.

Par exemple, dans les deux équations ci-dessous, on calcule aisément les quatre racines de chacune, si l'on sait qu'elles sont en *proportion* dans la première et en *équidifférence* dans la seconde :

$$x^4 - 15x^3 + 80x^2 - qx + 144 = 0,$$
$$x^4 - 22x^3 + 175x^2 - rx + 720 = 0.$$

III. Lorsque les racines sont en *progression géométrique*, on

peut résoudre complètement chacune des équations :

$$x^4 - \tfrac{15}{4}x^3 + px^2 - qx + 4 = 0,$$

$$x^4 - 40x^3 + mx^2 - nx + 729 = 0.$$

Soit a la première racine ou le premier terme de la progression dans la première équation, et soit r^2 la raison : puisque 4 est le produit des racines, il en résulte les expressions de ces racines, dont $\frac{15}{2}$ est la somme ; de sorte qu'on a successivement :

$$r^{-3} + r^{-1} + r + r^3 = \frac{15}{2\sqrt{2}}; \quad v = r + r^{-1};$$

$$v^3 - 2v = 15 : 2\sqrt{2}; \quad v = z \text{ sur } \sqrt{2} \text{ et}$$

$$z^3 - 4z - 15 = 0. \text{ De là } z = 3 \text{ ou } v = 3 : \sqrt{2};$$

$$\text{puis } r + r^{-1} = v \text{ donne } r = 1 \text{ sur } \sqrt{2} \text{ et } r = \sqrt{2}.$$

Par la première valeur de r, les quatre racines cherchées sont : 4, 2, 1 et $\frac{1}{2}$; tandis que par $r = \sqrt{2}$, elles sont : $\frac{1}{2}$, 1, 2 et 4. — On résoudrait de même la seconde équation proposée.

IV. Extrayant la racine carrée du premier membre de

$$144 - 48x - 20x^2 + 4x^3 = 0,$$

on trouve $12 - 2x - x^2$ pour racine et $-x^4$ pour reste ; cette équation se réduit donc aux deux suivantes :

$$12 - 2x - x^2 = \pm x^2.$$

Soit l'équation générale du 4^{me} degré :

$$x^4 + nx^3 + px^2 + qx + r = 0.$$

Si, en extrayant la racine carrée du premier membre, *le second reste est un carré parfait* de la forme $-(hx+k)^2$ ou de la forme $+(hx+k)^2$, h et k étant des nombres connus, positifs ou négatifs, aussi bien que n, on en conclut que :

$$x^2 + \tfrac{1}{2}nx = \pm(hx + k), \text{ ou}$$

$$x^2 + \tfrac{1}{2}nx = \pm(hx + k)\sqrt{-1}.$$

Et si le troisième reste est un nombre connu $-\mathrm{R}$ ou $+\mathrm{R}$, il en résulte

$$x^2 + \tfrac{1}{2}nx + \tfrac{1}{2}(p - \tfrac{1}{4}n^2) = \pm\sqrt{\mathrm{R}}, \text{ ou}$$

$$x^2 + \tfrac{1}{2}nx + \tfrac{1}{2}(p - \tfrac{1}{4}n^2) = \pm\sqrt{-\mathrm{R}}.$$

Dans les deux cas, on résout l'équation *par extraction de racine carrée*, comme pour chacune des équations

$$x^4 + 8x^3 + 4x^2 + 24x - 12 = 0,$$

$$x^4 - 8x^3 + 18x^2 - 8x - 35 = 0.$$

On résoudrait de même les équations finales dans les deux systèmes :

$$x+y=a \text{ et } x^4+y^4=c^4, \quad x+y=a \text{ et } x^5+y^5=b^5.$$

On peut aussi résoudre complètement le système :

$$x^2=y^2+a^2 \text{ et } xy=ax-cy.$$

V. La méthode précédente revient à décomposer l'équation du quatrième degré en deux équations du second : cette décomposition se présente immédiatement dans l'équation

$$x^4-2x^3-4x^2-2x-5=0,$$

en observant que $-4x^2=-5x^2+x^2$; mais cette équation n'est pas résoluble par extraction de racine carrée, comme l'est $x^4-6x^3+8x^2+4x-4=0$.

VI. Lorsque la décomposition du premier membre en deux facteurs du second degré en x ne se présente pas immédiatement, on y parvient parfois comme il suit : reprenons l'équation générale

$$x^4+nx^3+px^2+qx+r=0.$$

Si l'on identifie son premier membre avec le produit des deux facteurs trinômes x^2+hx+k et $x^2+h'x+k'$, on aura, pour calculer les coëfficients h, h', k et k', les quatre conditions :

$$h+h'=n, \quad hh'+k+k'=p, \quad kh'+hk'=q \text{ et } kk'=r.$$

Pour simplifier l'élimination, il suffit d'essayer, pour k et k', les deux facteurs donnés de r ; car la première et la troisième des relations ci-dessus étant du premier degré par rapport aux inconnues h et h', en feront connaître aisément les valeurs, et ces valeurs devront, avec celles choisies de k et k', satisfaire à la seconde relation, et par suite aux quatre : si non, il faudra essayer un autre couple de facteurs de r. Et si aucun couple de facteurs ne satisfait aux quatre conditions, l'équation proposée ne pourra se décomposer en deux équations du second degré. Mais dans ce cas, pour $n=0$ et en posant $h^2=u$, l'élimination conduit à une équation complète du troisième degré en u. (Voyez la haute Algèbre).

VII. Considérons l'équation, non résoluble par extraction de racine carrée et dont la décomposition en deux équations du second degré ne se présente pas immédiatement, savoir :

$$x^4+3x^2-4x+6=0.$$

Essayant $k=2$ et $k'=3$, on a $h+h'=0$, $2h'+3h=3$ et $hh'+5=-4$.

Les deux premiers de ces trois conditions donnent $h=3$ et

$h'=-3$; valeurs qui satisfont à la troisième condition $hh'+5=-4$. Donc l'équation proposée est identique avec celle-ci :

$$(x^2+3x+2)(x^2-3x+3)=0.$$

Egalant à zéro chacun des facteurs du second degré, on en déduira les quatre racines de l'équation proposée. — On résoudrait de même

$$x^4-20x^2+24x-5=0.$$

VIII. Enfin, la décomposition en deux facteurs du second degré se simplifie lorsque l'équation du quatrième degré est *réciproque*, comme

$$x^4-4x^3-19x^2-4x+1=0 \text{ et}$$

$$6x^4+30x^3+49x^2+30x+6=0.$$

Car les deux facteurs cherchés sont représentés par x^2+hx+1 et $x^2+h'x+1$, dans la première de ces équations, et par $2x^2+hx+3$ et $3x^2+h'x+2$, dans la seconde, etc. — Mais on peut résoudre ces deux équations réciproques en divisant les deux membres de chacune par x^2, etc.

Equations réciproques. Une équation $X=0$ est dite *réciproque* quand elle est identique avec celle qui s'en déduit en y remplaçant l'inconnue x par sa *valeur réciproque* 1 sur x ou x^{-1}. Or, pour cette identité, il faut, comme on sait, que les coëfficients des deux termes extrêmes et les coëfficients des termes également éloignés des extrêmes soient égaux entre eux, de même signe ou de signes contraires ; et cela donne généralement deux équations réciproques pour le même degré.

De là, si l'équation réciproque est de degré pair $2n$, on divise les deux membres par x^n et l'on pose $v=x+x^{-1}$: d'après les expressions de B_1, B_2, B_3,... B_n, calculées plus haut, la transformée en v est du degré n et par conséquent plus facile à résoudre que l'équation proposée.

Comme toute équation réciproque de degré impair a toujours -1 ou $+1$ pour racine, elle se ramène à une équation réciproque de degré pair en divisant le premier membre par $x+1$ ou par $x-1$ et en égalant le quotient à zéro. C'est ainsi que toute équation réciproque du cinquième degré se ramène au quatrième.

On peut donc résoudre, *par radicaux du second degré*, toutes les équations réciproques des degrés 4, 5 et même 6, pourvu dans ce dernier cas, que le terme du milieu manque; comme dans

$$x^6+px^5+qx^4-qx^2-px-1=0.$$

Mais on peut étendre à d'autres degrés la résolution par radicaux du second; et en voici plusieurs exemples *numériques*.

I. Considérons l'équation réciproque de degré pair :

$$x^8-4x^7+6x^6-8x^5+2x^4-8x^3+6x^2-4x+1=0.$$

Divisant les deux membres par x^4 et posant $x+x^{-1}=v$, on a

$$P_4=B_4-4B_3+6B_2-8B_1+2=0, \text{ ou}$$
$$P_4=v^4-4v^3+2v^2+4v-8=0.$$

Cette transformée en v est résoluble *par extraction de racine carrée* et donne

$$v^2-2v+1=\pm 3.$$

On en déduit les quatre valeurs de v et les huit valeurs de x, toutes exprimées par des radicaux du second degré. Mais quatre de ces valeurs sont *imaginaires*, aussi bien que deux valeurs de v dans $P_4=0$.

II. Les n racines de $P_n=0$ ne sont *réelles* que quand les coëfficients de $x^{2n}+\text{etc.}=0$ sont égaux à l'unité. C'est ainsi que dans

$$x^6-x^5+x^4+x^3-x+1=0,$$

les trois racines de $P_3=0$ sont réelles. D'ailleurs l'équation proposée revient à $(x^2-x+1)(x^4+1)=0$, évidemment.

III. Si l'un des diviseurs du dernier terme de l'équation réciproque de degré pair est racine de cette équation, l'*inverse* de ce diviseur est nécessairement une seconde racine, et la résolution de cette équation se simplifie. Considérons, par exemple, l'équation réciproque :

$$6x^6-15x^5-14x^4+50x^3-14x^2-15x+6=0.$$

On vérifie aisément que $x=2$ satisfait à cette équation ; donc $x=\frac{1}{2}$ y satisfait aussi. Divisant successivement par $x-2$ et $x-\frac{1}{2}$, les autres racines sont données par $6x^4-20x^2+6=0$.

IV. On appelle équation *inverse* toute équation que l'on peut ramener à une équation réciproque, à l'aide d'une *inconnue auxiliaire*, en posant $x=kz$, k étant un nombre donné : telle est l'équation :

$$x^6-3x^5+7x^4-11x^3+14x^2-12x+8=0.$$

Posant en effet, $x=z\sqrt{2}$, cette équation devient réciproque en z. Mais on calcule aisément les six racines de l'équation *inverse* proposée, en divisant par x^3 et posant $v=x+2x^{-1}$, etc.

V. Si p est inconnu dans l'équation *inverse* :

$$x^{16}-2px^{12}+24x^8-8px^4+16=0,$$

on peut calculer les 16 racines qui répondent au *minimum* de p; et ces racines sont égales deux à deux.

VI. Lorsque les deux nombres p et q sont donnés, on calcule aisément les six racines de l'équation réciproque :

$$x^6-2px^5+qx^4-4px^3+qx^2-2px+1=0.$$

Et si les deux nombres p et q sont inconnus, mais liés par la relation $p+q=5$, on calcule plus aisément encore les six racines qui répondent, soit aux deux *maximums* de q, soit aux deux *minimums* de p.

VII. Soient p et q la somme et le produit de deux racines de l'équation

$$x^6-6x^5+8x^4+5x^2+6x-2=0.$$

Le premier membre est donc divisible par le trinôme x^2-px+q. Effectuant la division, le reste, du premier degré en x et de la forme $Mx+N$, doit être nul de lui-même, quelle que soit l'inconnue x; et cela exige qu'on ait à la fois $M=0$ et $N=0$.

Ces deux équations en p et q sont satisfaites par $p=2$ si $q=-2$, et par $q=-2$, si $p=2$. Chaque fois l'équation proposée se partage dans les deux

$$x^2-2x-2=0 \text{ et } x^4-4x^3+2x^2-4x+1=0,$$

dont la dernière est réciproque.

On trouverait les deux mêmes équations en identifiant le premier membre de l'équation proposée avec le produit effectué des deux facteurs x^2-px+q et $x^4+mx^3+nx^2+rx+1$.

VIII. En posant $v=x-2x^{-1}$, on résout aisément l'équation *inverse* :

$$x^4-6x^3+5x^2+12x+4=0.$$

Mais si l'on sait que deux racines a et b de cette équation sont assujetties à la condition $b=2a$, on aura, pour calculer a, les les deux équations

$$a^4-6a^3+5a^2+12a+4=0,$$

$$4a^4-12a^3+5a^2+6a+1=0,$$

Ces deux équations ayant au moins une racine commune, ont un *plus grand commun diviseur* en a; lequel égalé à zéro, fait connaître les valeurs de a et de b qui satisfont à la condition $b=2a$ et qui résolvent l'équation proposée. Or, ce plus grand commun diviseur, *trouvé par élimination*, se réduit à $a^2-2a-1=0$; etc.

IX. En général, il y a abaissement dans le degré de l'équation

toutes les fois qu'il existe des relations *particulières* et données entre plusieurs racines; comme pour des racines *égales entre elles* des racines *égales et de signes contraires deux à deux*, etc. Si l'on a, par exemple,

$$x^8-6x^7+18x^6-34x^5+42x^4-34x^3+18x^2-6x+1=0.$$

On verra, dans cette équation réciproque, que la transformée en v, savoir $P_4=0$, a deux racines égales à 2, tandis que la proposée en x a quatre racines égales 1. Aussi son premier membre est-il divisible quatre fois successives par $x-1$; et le quotient, égalé, à zéro, donne l'équation réciproque

$$x^4-2x^3+4x^2-2x+1=0.$$

X. Si les racines de l'équation sont en *progression géométrique* et que le dernier terme et les coëfficients des deux premiers soient seuls donnés; il est bien facile de résoudre l'équation. Par exemple, soit

$$x^6-\tfrac{63}{4}x^5+Ax^4+Bx^3+Cx^2+Dx+8=0.$$

Puisque les racines sont en progression géométrique, soit a la première racine ou le premier terme de la progression et soit r^2 la raison : le dernier terme 8 étant le produit des racines cherchées, on a

$$a^6r^{30}=8,\ ar^5=\sqrt{2}\ \text{et}\ a=r^{-5}\sqrt{2}.$$

Multipliant successivement par r^2, on aura les expressions des autres racines; et comme la somme des six racines est égale au coëfficient du second terme, pris en signe contraire, on a, pour calculer r, l'équation réciproque :

$$r^5+r^{-5}+r^3+r^{-3}+r+r^{-1}=\frac{63}{4\sqrt{2}}.$$

Posant $r+r^{-1}=v$, la transformée se réduit à

$$v^5-4v^3+3v-63 \text{ sur } 4\sqrt{2}=0.$$

Et si, pour faire disparaître le radical, on pose $v=z$ sur $\sqrt{2}$; on trouve :

$$z^5-8z^3+12z-63=0;\ \text{d'où}\ z=3,\ \text{puis}$$

$$v=3 \text{ sur } \sqrt{2},\ r=\sqrt{2}\ \text{et}\ r=1 \text{ sur } \sqrt{2},\ r^2=2\ \text{et}\ r^2=\tfrac{1}{2}.$$

Par $r^2=2$, les six racines cherchées sont : $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 8, tandis que par $r^2=\frac{1}{2}$, elles sont : 8, 4, 2, 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$. Chaque fois on a la même progression géométrique.

On calculerait de même les racines *en progression géométrique*

dans chacune des équations réciproques :

$$x^5 - \tfrac{31}{4}x^4 + Cx^3 - Cx^2 + \tfrac{31}{4}x - 1 = 0,$$

$$x^7 - \tfrac{127}{8}x^6 + Ax^5 - Bx^4 + Bx^3 - Ax^2 + \tfrac{127}{8}x - 1 = 0.$$

XI. Connaissant seulement les coëfficients p et q, on peut toujours calculer, par radicaux du second degré, les n racines en *progression arithmétique* dans

$$x^n + px^{n-1} + qx^{n-2} + \ldots + tx + u = 0.$$

Soit en effet, a la première racine ou le premier terme de la progression et soit r la raison constante : comme la somme des n racines cherchées est égale à $-p$, on a d'abord

$$n(2a + nr - r) = -2p.$$

Ensuite, q étant la somme des produits des n racines combinées deux à deux, il est clair que si S_2 désigne la somme des carrés de ces n racines, on a

$$S_2 = p^2 - 2q.$$

Comme l'expression de S_2 est du second degré par rapport aux deux inconnues a et r, celles-ci sont déterminées par deux équations, l'une du premier degré et l'autre du second ; par conséquent les n racines en progression arithmétique, si elles ne sont pas rationnelles, seront exprimées par des radicaux du second degré.

Reste donc à calculer S_2 ; or, comme la somme des n premiers termes de la progression est de la forme $An^2 + Bn$, il est naturel de poser

$$S_2 = An^3 + Bn^2 + Cn,$$

les coëfficients A, B, C étant inconnus et indépendants de n. On a donc aussi

$$S_2 + (a + nr)^2 = A(n+1)^3 + B(n+1)^2 + C(n+1).$$

L'élimination de S_2 fournit une équation identique, de laquelle on déduit les valeurs des coëfficients A, B, C et par suite

$$S_2 = \tfrac{1}{6}n(n-1)(2n-1)r^2 + arn(n-1) + a^2n.$$

Pour $a = r = 1$ et pour $a = 1$, $r = 2$, on a les expressions de la somme des carrés des n premiers nombres entiers et de la somme des carrés des n premiers nombres impairs.

XII. Considérons encore les deux équations

$$x^{10} + x^8 - 14x^6 - 14x^4 + x^2 + 1 = 0,$$

$$x^8 + x^7 + 2x^6 + 3x^5 + 3x^3 - 2x^2 + x - 1 = 0.$$

La première est réciproque ; et il existe plusieurs manières d'en exprimer les 10 racines par des radicaux du second degré. Ces

10 racines sont égales et de signes contraires deux à deux, et quatre des six racines imaginaires forment la même proportion que les quatre racines réelles.

Quant à la seconde équation proposée, elle n'est pas réciproque, comme on pourrait le penser au premier coup d'œil; elle n'a point de racine rationnelle, puisqu'elle n'est satifaite ni par $x=1$ ni par $x=-1$; enfin, la méthode des *racines égales* est ici impraticable, par la complication des calculs. Il n'y a donc que la *décomposition en facteurs inconnus*, si elle est possible, qui puisse conduire à résoudre par radicaux l'équation proposée. Or, cette équation peut d'abord s'écrire ainsi :

$$(x^8+2x^6-2x^3-1)+x(x^6+3x^4+3x^2+1)=0.$$

Sous cette forme la décomposition, devenue plus facile, fait voir que l'équation revient à

$$(x^2+1)^3(x^2+x-1)=0.$$

Systèmes symétriques. La résolution d'un système d'équations de degrés quelconques, à deux inconnues x et y, exige l'élimination de x; or, bien que l'élimination, *par addition* ou *soustraction* d'équations (pour en faire disparaître les deux premiers termes, puis les deux derniers, etc.) soit la *méthode générale* la plus simple, elle peut néanmoins donner lieu à des calculs fort compliqués et devenir par suite impraticable. Il faut alors suppléer, s'il est possible, à cette méthode générale d'élimination par des *méthodes particulières*, indiquées souvent par l'inspection attentive des deux équations à résoudre; surtout quand celles-ci sont *symétriques*, c'est-à-dire ne changent point en y remplaçant x par y et y par x.

Il existe un grand nombre de systèmes de deux équations symétriques que, par des *éliminations particulières* ou à l'aide d'*inconnues auxiliaires*, convenablement choisies, on peut ramener à un ou plusieurs systèmes de la forme $x+y=p$ et $xy=q$, c'est-à-dire ramener à une ou à plusieurs équations finales du second degré. C'est ainsi qu'on résoudra chacun des trois systèmes :

$$\begin{array}{l|l|l} x+y=a, & x+y=a, & x^4+y^4=b, \\ xy(x^2+y^2)=b & xy(x^3+y^3)=b & xy(x^2+y^2)=c. \end{array}$$

Dans le premier système, on élève au carré la première équation, pour en déduire la valeur de x^2+y^2, que l'on substitue dans la seconde équation : il en résulte deux valeurs de xy, et par suite quatre *solutions* des équations proposées. — Ces solutions se réduisent

sent à deux, soit pour le *maximum* de a, soit pour le *minimum* de b. — Il serait beaucoup moins simple de substituer, dans la seconde équation proposée, la valeur $a-x$ de y, tirée de la première; car alors l'équation finale en x serait du 4^{me} degré est résoluble par *extraction de racine carrée.*

La même observation s'applique au second système proposé : on élimine simplement en élevant au cube la première équation, etc. — Quant au troisième système, il suffit d'élever au carré la seconde équation proposée, en ayant égard à la première.

On voit bien, d'après cela, comment on peut résoudre complètement chacun des systèmes :

$$\left.\begin{array}{l} xy(x+y)=48, \\ (x+y)(x^2+y^2)=120 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} xy(x+y)=12, \\ x^2+y^2=10 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} xy(x+y)=84, \\ x^3+y^3=91. \end{array}\right.$$

$$\left.\begin{array}{l} x^2+y^2=10, \\ x^3+y^3=28 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} x^2+y^2-xy=7, \\ x^4+y^4-x^2y^2=73 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} (x+y)(x^2+y^2)=15, \\ (x^2+y^2)(x^4+y^4)=85. \end{array}\right.$$

Dans les systèmes 4^{me} et 6^{me}, on emploira les inconnues auxiliaires p et q, savoir : $p=x+y$ et $q=xy$.

Considérons maintenant des systèmes de trois équations symétriques, à trois inconnues x, y, z, tels que les suivants :

$$\left.\begin{array}{l} xy+z^2=11, \\ xz+y^2=7, \\ yz+x^2=7. \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} xyz-x-y-z=0, \\ x^2+y^2+z^2=14, \\ xy+xz+yz=11. \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} x+y+z=7, \\ z=2xy, \\ x^3+y^3+z^3=73. \end{array}\right.$$

Dans le premier système, les deux dernières équations fournissent d'abord les deux conditions $x=y$ et $z=x+y$, en vertu desquelles le système admet huit solutions différentes et réelles, bien faciles à calculer.

Quant au second système, ajoutant le double de la troisième équation à la seconde, on trouve $x+y+z=\pm 6$; d'où $xyz=\pm 6$. Ainsi, d'après la composition des coëfficients avec les racines, les inconnues x, y, z sont chacune les trois racines de chacune des deux équations :

$$t^3-6t^2+14t-6=0 \text{ et } t^3+6t^2+14t+6=0.$$

Le second système proposé admet donc 12 solutions entières, faciles à calculer à l'aide de la *méthode des divisions successives.*

En général, tout système de trois équations symétriques fournit une équation finale du troisième degré, lorsqu'on peut le ramener au système symétrique que voici :

$$x+y+z=p,\ xy+xz+yz=q \text{ et } xyz=r\ ;$$

p, q, r étant des nombres donnés, positifs ou négatifs. La composition des coëfficients avec les racines apprend, en effet, que dans ce cas, les inconnues x, y, z sont chacune les trois racines de l'équation

$$t^3 - pt^2 + qt - r = 0.$$

C'est ainsi que l'on résoudra chacun des systèmes :

$$\begin{array}{l|l} xyz = 6, & xy + xz + yz = 26, \\ x^2 + y^2 + z^2 = 14, & x^2 + y^2 + z^2 = 29, \\ x^4 + y^4 + z^4 = 98. & x^4 + y^4 + z^4 = 353. \end{array}$$

Dans le premier système, si on élève les deux premières équations au carré, en ayant égard à la troisième, on verra que les carrés x^2, y^2, z^2 sont chacun les trois racines de

$$t^3 - 14t^2 + 49t - 36 = 0.$$

Et comme le produit xyz doit toujours égaler 6 et être positif, on en déduit les 12 solutions entières du premier système proposé.

Systèmes de points sur le plan. Dans la géométrie analytique si x et y désignent les *coordonnées* d'un point quelconque du plan, *tout système de deux équations en* x *et* y *détermine autant de points de ce plan que ce système a de solutions réelles différentes.* — Considérons par exemple, les systèmes, à coordonnées x et y *rectangulaires* :

$$\begin{array}{l|l} x^2 + y^2 = 20, & xy(x^2 + y^2) = 78, \\ x^4 + y^4 - x^2y^2 = 208. & x^2y^2(x^4 + y^4) = 3492. \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l|l} x^2y^2 = 4, & xy = 2, & x^8 + y^8 = 6562, \\ x^4 + y^4 = 17. & x^8 + y^8 = 257. & x^4 - y^4 = 80. \end{array}$$

Le premier système admet les huit solutions entières :

$$x = 4, 2, -2, -4, \quad 4, -2, \quad 2 - 4,$$
$$y = 2, 4, -4, -2, -2 \ -4, 4 - 4, \ 2.$$

Ces huit solutions représentent huit *points* du plan bien faciles à *construire*. Par ces constructions, on reconnait que les huit points obtenus sont les sommets d'un *octogone symétrique* dont le *centre* est l'origine des coordonnées rectangulaires. Des huit côtés, parallèles deux à deux, quatre ont chacun 4 pour mesure et les quatre autres valent chacun $2\sqrt{2}$. Enfin, l'aire de l'octogone symétrique peut se diviser en 14 carrés égaux ou ayant chacun 2 pour mesure du côté. — Les quatre autres systèmes déterminent chacun un octogone symétrique, *semblable* au précédent.

Soit le système : $x+y=1$ et $x^4+4x^3-7x^2-34x-24=0$. On en déduit *quatre points en ligne droite* (à démontrer). De même, si l'on a $x+y=1$ et $18x^6-45x^5-146x^4+410x^3-146x^2-45x+18=0$: il en résulte *six points en ligne droite, diagonale du trapèze dont les deux bases sont les ordonnées des deux points extrêmes.* — Calculer le périmètre et l'aire de ce trapèze, les coordonnées étant rectangulaires.

Systèmes de points dans l'espace. *Les solutions réelles de tout système de trois équations, aux coordonnées* x, y, z *inconnues, déterminent autant de points de l'espace.* Soit, par exemple, le système :

$$z^2=xy,\ x^2+y^2+z^2=21 \text{ et } x^4+y^4+z^4=273.$$

Eliminant z^2, puis élevant au carré l'une des deux équations résultante, en ayant égard à l'autre, on trouve les huit systèmes de valeurs correspondantes ci-dessous :

$$\begin{aligned} x&=4,\ 1,-1,-4,\quad 4,\quad 1,-1,-4,\\ y&=1,\ 4,-4,-1,\quad 1,\quad 4,-4,-1,\\ z&=2,\ 2,\quad 2,\quad 2,-2,-2,\ -2,\ -2. \end{aligned}$$

Si donc les coordonnées sont *rectangulaires*, il est facile de *construire* les huit points de l'espace déterminés par les huit solutions précédentes. On reconnaît aisément, par ces constructions, que les huit points obtenus sont les sommets d'un *parallélipipède rectangle*, divisé en deux parties égales par le plan des xy et dont $3\sqrt{2}, 2\sqrt{2}, 4$ sont les mesures des trois dimensions.

Voici encore un système, avec ses différentes solutions :

$$\left.\begin{aligned} xyz(x+y+z)&=36,\\ xy+xz+yz&=11,\\ x^2+y^2+z^2&=14, \end{aligned}\right| \quad \begin{aligned} x&=1,\ 2,\ 3,-1,-2,-3,\\ y&=2,\ 3,\ 1,-2,-3,-1,\\ z&=3,\ 1,\ 2,-3,-1,-2. \end{aligned}$$

Si donc les coordonnées sont *rectangulaires*, il est bien facile de construire les six points déterminés par les solutions précédentes. Ces points sont les sommets de deux triangles équilatéraux, égaux et parallèles, le côté et l'aire de chacun ayant pour mesures respectives $\sqrt{6}$ et $\frac{1}{2}\sqrt{27}$. De plus, la distance de l'origine à chacun des six sommets, ayant $\sqrt{14}$ pour mesure, il en résulte deux *tétraèdres* égaux, ayant l'origine pour sommet commun. De sorte que les mesures de la hauteur et du volume de chaque tétraèdre sont : $2\sqrt{3}$ et 3. Enfin, les six points proposés sont les sommets

d'un *prisme triangulaire*, ayant 18 pour mesure du volume. (Pour d'autres applications, voyez la 2e édition du *Traité de Géométrie analytique*, p. 285 et suivantes).

Maximums et minimums I. Le calcul du *maximum* et du *minimum* de la fonction m est bien facile lorsque cette fonction entre dans une équation *symétrique* par rapport à deux variables inconnues x et y, comme dans l'équation homogène :

$$xy - a(x+y) = -m^2.$$

D'abord, puisque cette équation est *symétrique* par rapport aux variables x et y, elle reste absolument la même lorsqu'on y change x en y et y en x; le *maximum* ou le *minimum* de la fonction m reste donc aussi absolument le même par ce double changement. Mais m étant à son *maximum* ou à son *minimum*, les variables x et y sont déterminées et constantes; donc puisqu'alors m reste invariable quand on change x en y et y en x, *il s'ensuit qu'alors ces deux inconnues sont égales entre elles.*

Posant donc $y=x$, l'équation proposée devient

$$x^2 - 2ax = -m^2 \text{ ; d'où } x = a \pm \sqrt{(a^2 - m^2)}.$$

On voit que le maximum de m est $m=a$ et donne $x=a=y$.

II. Cherchons encore le maximum ou le minimum de m dans le système homogène et symétrique par rapport aux deux variables x et y, savoir :

$$x^2+y^2=2c^2 \text{ et } x^3+y^3-2mxy=b^2c,$$

b et c étant deux nombres constants. Il faut donc poser $y=x$; et alors les deux équations proposées donnent

$$x=y=c \text{ et } 2cm=2c^2-b^2.$$

Pour savoir si la valeur de m, tirée de cette dernière équation, est un *maximum* ou un *minimum*, on pose, dans la seconde équation proposée, $x=c+k$ et $y=c-k$, k étant une variable *auxiliaire*, et l'on trouve

$$m = \frac{2c^3 + 6ck^2 - b^2c}{2(c^2 - k^2)}.$$

Le dénominateur devient le plus grand possible et le numérateur le plus petit possible lorsque $k=0$; donc, par cette double raison, la fraction, valeur de m, est alors la plus petite possible. On voit donc que c'est le minimum de m qui répond à $k=0$ ou à $x=y=c$ et qui est donné par $2cm=2c^2-b^2$.

Telle est la *méthode symétrique* pour calculer le *maximum* ou le *minimum* de la fonction; et l'on peut observer que m a, dans les équations proposées, un second *minimum* répondant $x=y=-c$

III. Soit à calculer le maximum ou le minimum de m dans le système d'équations :

$$m=(x+y)z \text{ et } x^2+y^2+z^2=16.$$

Eliminant z, on trouve

$$m=(x+y)\sqrt{16-x^2-y^2}.$$

Cette équation finale étant symétrique par rapport aux inconnues variables x et y, on y pose $x=h+k$ et $y=h-k$, h et k étant deux inconnues auxiliaires. On reconnaît aisément que le maximum de m répond à $k=0$, c'est-à-dire à $x=y$; d'où

$$m=2x\sqrt{(16-2x^2)}.$$

Il reste à calculer le maximum de m; ce à quoi l'on parvient soit par la *méthode du second degré*, soit par la *méthode des dérivées* : chaque fois on trouve que le maximum de m est $8\sqrt{2}$, et qu'il répond à $x=y=2$ et à $z=2\sqrt{2}$. Mais la méthode des dérivées serait beaucoup plus compliquée que celle du second degré, si l'on ne calculait pas le maximum de m^2 plutôt que celui de m.

IV. Considérons le système symétrique :

$$m=x^2+y^2+z^2 \text{ et } 3a=x^3+y^3+z^3.$$

Pour le maximum et pour le minimum de m, il faut que $x=y=z=\sqrt[3]{a}$; d'où $m=3\sqrt[3]{a^2}$. Eliminant z entre les deux équations proposées, on trouve :

$$m=x^2+y^2+(3a-x^3-y^3)^{\frac{2}{3}}.$$

Cette équation finale n'est pas résoluble comme celles du second degré; de plus, la substitution de $h+k$ et de $h-k$ à x et à y n'apprend rien sur le maximum ou le minimum de m lorsque $k=0$ ou $x=y$. Il faut donc recourir à la méthode des dérivées, laquelle se simplifie par la méthode symétrique; car ayant $x=y$, on doit calculer le maximum ou le minimum de m dans l'équation plus simple

$$m=2x^2+(3a-2x^3)^{\frac{2}{3}}.$$

Calculant donc les dérivées dm et d^2m, on verra que $dm=0$ donne $x^3=a$, valeur qui réduit d^2m à -12. C'est donc le maximum de m qui répond à $x=y=z$.

V. Par les applications précédentes, on voit que la méthode

symétrique peut avoir besoin de la méthode *du second degré* ou de la méthode *des dérivées*, soit pour calculer le maximum ou le minimum de la fonction, soit pour décider si la valeur trouvée est un maximum ou un minimum; et l'on voit aussi que, pour des équations symétriques, la première méthode simplifie toujours les deux autres. — Pour en donner un nouvel exemple, considérons encore le système symétrique :

$$m=xy+xz+yz \text{ et } xyz=a^3.$$

On sait que pour le maximum et le minimum de m, on a $x=y=z=a$ et $m=3a^2$. Or lequel, du maximum ou du minimum de m, $3a^2$ exprime-t-il? C'est ce qu'on ne peut savoir qu'après l'élimination d'une inconnue telle que z, par exemple; ce qui donne

$$x^2y^2+a^3(x+y)=mxy.$$

Pour appliquer la méthode du *second degré*, on résout cette équation par rapport à x, et l'on trouve

$$2xy^2=my-a^3\pm\sqrt{(my-a^3)^2-4a^5y^5}.$$

On vient de voir que pour le maximum et pour le minimum de m, on a $x=y=z=a$; de sorte qu'alors la quantité sous le radical précédent devient $(am-a^3)^2-4a^6$. Mais, par la méthode du second degré, on sait que pour le maximum et pour le minimum de m, la quantité sous le radical doit être nulle. Or, c'est évidemment le minimum de m qui donne $(am-a^3)^2-4a^6=0$; ce minimum est donc $m=3a^2$.

Enfin, si l'on veut appliquer la méthode des *dérivées*, on observera que pour le maximum et pour le minimum de m, on a $y=x$; ce qui réduit l'équation finale à

$$m=x^2+2a^3x^{-1}\text{; d'où l'on tire}$$
$$dm=2x-2a^3x^{-2} \text{ et } d^2m=2+4a^3x^{-3}.$$

Comme $dm=0$ donne $x=a$, valeur qui réduit d^2m à $+6$, on voit que c'est le minimum de m qui répond à $x=a=y=z$.

VI. Pour calculer le maximum ou le minimum de m dans le système :

$$x+y+z=a,\ y^2=xz \text{ et } m=x^3+z^3+y^3,$$

on observe que ce système n'est symétrique que par rapport aux deux inconnues x et z : il faut donc éliminer y entre la première équation et la troisième, ce qui donne

$$m=x^3+z^3+(a-x-z)^3.$$

Posant $x=h+k$ et $z=h-k$, il devient évident que le minimum de m répond à $k=0$ ou à $z=x$, et par suite à $x=y=z=\frac{1}{3}a$. Ce minimum est donc $m=\frac{1}{9}a^3$.

VII. Considérons chacune des équations symétriques :

$$m=a(x+y+z)-x^2-y^2-z^2,$$
$$m=a(xy+xz+yz)-xyz,$$
$$m=a(x^2+y^2+z^2)-xyz.$$

Dans la première, le maximum de m est $\frac{3}{4}a^2$; dans la seconde, il est $4a^3$ et dans la troisième, il est aussi $4a^3$. Mais le minimum de m est $\sqrt{(3a^2)}$ dans le système :

$$m=x+y+z \text{ et } xy+xz+yz=a^2.$$

Quelle serait la plus grande valeur de a, si m était donné seul dans ce système ?

Calculer le maximum de a, le nombre m étant seul donné, ou bien le minimum de m, le nombre a étant seul connu, dans le système :

$$x^3+y^3+z^3=m \text{ et } xyz=a,$$
ou dans $x^2+y^2+z^2=m$ et $xyz=a$.

VIII. Considérons maintenant le système non symétrique par rapport aux trois variables inconnues, savoir :

$$x^2+y^2+4z=36 \text{ et } 6m=xy+xz-yz.$$

L'élimination de z donnerait une équation finale du troisième degré en x et y; laquelle ne peut se traiter que par la méthode des dérivées, à l'aide des calculs compliqués. Mais, soustrayant le double de la seconde équation hors de la première, on trouve

$$(x-y)^2-2z(x-y)=36-4z-12m ; \text{ d'où}$$
$$x-y=z\pm\sqrt{(36+z^2-4z-12m)}.$$

Il semble que ce soit le maximum de m qui rende nulle la quantité sous le radical et donne

$$36+z^2-4z-12m=0 ; \text{ d'où } x-y=z.$$

Mais c'est réellement le minimum de m qui donne la première de ces deux équations; car résolvant celle-ci par rapport à z, il vient

$$z=2\pm\sqrt{(12m-32)}.$$

Il est évident que c'est le minimum de m qui rend nulle la quantité $12m-32$; ce minimum est donc $m=\frac{8}{3}$: il en résulte

$$z=2, x-y=2 \text{ et } x^2+y^2=28.$$

Par conséquent les valeurs qui répondent au minimum 8 tiers sont :

$$z=2,\ y=-1+\sqrt{15} \text{ et } x=1+\sqrt{15}.$$

Cet exemple est remarquable en ce qu'il montre bien l'influence que les méthodes particulières d'élimination exercent sur la simplicité et même sur la possibilité des calculs.

On voit aussi que quand la fonction m entre sous le radical, avec une variable z, et que m y occupe la partie négative seule, on n'est pas sûr que le maximum de m rende nul ce radical, bien que la chose paraisse évidente. C'est que le maximum et le minimum de m doivent rendre nuls les radicaux successifs et que, dans le dernier, il est certain que c'est le minimum de m qui donne $12m-32=0$; vu que toute valeur de m, moindre que 8 tiers, rend imaginaire le second radical proposé.

Ici le signe de la fonction m change en passant du premier radical au second; mais si le signe de m reste le même sous tous les radicaux successifs, le premier suffira pour décider lequel du maximum ou du minimum de m le rend nul; en supposant toutefois que la fonction m entre dans la partie positive seule ou dans la partie négative seule de la quantité sous le radical.

IX. Si m entrait à la fois dans la partie positive et dans la partie négative, sous le dernier des radicaux successifs, cette fonction m serait généralement susceptible de maximum et de minimum; et même il pourrait arriver que le minimum de m surpassât son maximum, comme dans

$$mx^2-2(1+2m)x+9=0.$$

Cette équation, résolue par rapport à x, donne

$$mx=1+2m\pm\sqrt{(4m^2-5m+1)}.$$

Pour savoir lequel du maximum ou du minimum de m rend nulle la quantité sous le radical, on observe que cette quantité varie avec m et doit toujours rester positive pour que x soit réelle. On satisfera donc à ces deux conditions en posant

$$4m^2-5m+1=v^2\ ;\ \text{d'où } mx=1+2m\pm v.$$

Résolvant la première de ces équations, par rapport à m, on trouve

$$m=\tfrac{5}{8}\pm\tfrac{1}{8}\sqrt{(9+17v^2)}.$$

Ce radical est le plus petit possible lorsque $v=0$, et se réduit alors à $\frac{3}{8}$; donc le minimum de m est $\frac{5}{8}+\frac{3}{8}$ ou 1, tandis que le

maximum de m est $\frac{5}{8}-\frac{3}{8}$ ou $\frac{1}{4}$. Ainsi le minimum 1 de m surpasse son maximum $\frac{1}{4}$: les valeurs correspondantes de x sont 3 et 6.

La méthode des dérivées fournit les mêmes résultats; mais les calculs sont beaucoup plus compliqués. En effet, l'équation proposée donne

$$m=\frac{9-2x}{4x-x^2}=(9-2x)(4x-x)^{-1}.$$

Calculant les dérivées dm et d^2m, on trouve

$$dm=-\frac{2x^2-18x+36}{(4x-x^2)^2},$$

$$\tfrac{1}{2}d^2m=\frac{144+23x^2-108x}{(4x-x^2)^3}.$$

Pour le maximum et pour le minimum de m, on a $dm=0$ ou

$$2x^2-18x+36=0\text{ ; d'où }x=3\text{ et }x=6.$$

D'ailleurs $x=3$ donne $\frac{1}{2}d^2m=+1$; c'est donc le minimum de m qui répond à $x=3$; et ce minimum est $m=1$. — Pour $x=6$, on a $\frac{1}{2}d^2m=-\frac{1}{2}$; c'est par conséquent le maximum de m qui répond à $x=6$; et ce maximum se réduit à $m=\frac{1}{4}$, comme plus haut.

X. Soit encore le système non symétrique :

$$x+y=13\text{ et }m=\sqrt[3]{x^2}\sqrt[3]{y^3}.$$

La seconde de ces équations devient

$$m^6=x^4y^9=4^4.9^9(\tfrac{1}{4}x)^4(\tfrac{1}{9}y)^9\text{ ; d'où}$$

$$m^6=4^4.9^9.p\text{ et }p=(\tfrac{1}{4}x)^4(\tfrac{1}{9}y)^9.$$

Cela posé, on sait, par la méthode symétrique que *pour diviser un nombre donné en parties dont le produit soit le plus grand possible, il faut prendre ces parties égales entre elles ;* ainsi, pour le maximum de p et par conséquent pour celui de m, il faut que les 13 facteurs de p soient égaux entre eux et à z. Or, 4 de ces facteurs z ont x pour somme, d'où $4z=x$, et 9 facteurs z ont y pour somme, d'où $9z=y$. On a donc $4z+9z$ ou $13z=13$, $z=1$, $x=4$ et $y=9$. De sorte que le maximum de p étant 1, celui de m est la racine sixième de $4^4\times9^9$.

C'est ce qu'on vérifierait par la méthode des dérivées, après avoir éliminé y; mais cette vérification, déjà compliquée, serait bien difficile dans le système :

$$x+y+z+v=55\text{ et }m=\sqrt{x}\sqrt[3]{y^2}\sqrt[4]{z^3}\sqrt[5]{v^5},$$

où les valeurs qui déterminent le maximum de m sont : $x=6$, $y=8$, $z=9$ et $v=10$.

Remarque. La *méthode des dérivées*, pour calculer le maximum et le minimum de la fonction m, est la plus générale ; mais elle peut quelquefois exiger des calculs fort compliqués, surtout quand l'expression de m en x renferme des radicaux ou que m est fonction de plusieurs variables. La *méthode symétrique* et la *méthode du second degré* sont beaucoup plus faciles, lorsqu'elles sont applicables : elles peuvent se démontrer dans la simple Algèbre et servent à résoudre, par des moyens fort élémentaires, plusieurs questions intéressantes, non-seulement de Géométrie, mais aussi de Physique, de Mécanique, etc. — Il nous a paru utile de comparer les trois méthodes, en les appliquant à différents exemples choisis parmi les équations que l'on peut abaisser au second degré, et de compléter ainsi notre travail sur ce genre d'abaissement.

V. — *Notice sur le genre Davidsonia*,

PAR

L. DE KONINCK,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE.

Dans le magnifique ouvrage sur la *Géologie de la Russie et des monts Ourals*, que M. de Verneuil a publié en 1845, avec sir Roderick Marchison et avec M. le comte de Keyserling, le savant paléontologiste français a figuré pour la première fois, l'intérieur de la valve inférieure d'une espèce de *Brachiopode*, qui se trouve dans les couches moyennes du terrain dévonien. Bien que cette espèce ne paraisse pas être excessivement rare dans l'Eifel, cependant aucun des auteurs qui se sont occupés des fossiles de cette contrée, ne l'a mentionnée, soit parce qu'ils l'ont confondue avec une autre, soit parce qu'ils n'ont pas cru devoir attacher la moindre importance à une espèce incomplète (1).

M. de Verneuil, embarrassé sans doute, quant à sa détermination, s'abstint de lui donner un nom spécifique et se contenta de la ranger dans le genre *Leptæna*. D'ailleurs, le seul motif pour lequel il l'ait figurée et décrite au milieu des fossiles du vaste empire de Russie, où jusqu'à ce jour elle n'est pas encore connue consiste en ce que *la structure interne de cette valve a paru lui offrir quelque chose à ajouter à la connaissance du genre auquel il la rapporte* (2).

(1) Je crois néanmoins devoir faire observer que Goldfuss l'a désignée sous le nom de *Thecidea prisca*, et l'a déposée sous ce nom dans la collection du Muséum de Bonn, avec l'étiquette écrite de sa main. On verra plus loin que le savant paléontologiste allemand avait assez bien saisi les rapports qui lient les Davidsonia aux autres Brachiopodes.

(2) Russia and the Ural Mountains, vol. II, p. 227.

M. Bouchard-Chantereaux, qui depuis longtemps déjà s'occupe de l'étude des Brachiopodes, a fort bien fait ressortir les caractères importants par lesquels cette coquille, dont il n'a également connu qu'une seule valve, s'éloigne de celles qui composent le genre *Leptæna* et de celles de tous les autres genres de Brachiopodes actuellement admis.

Ce naturaliste a donc été conduit à créer pour elle un genre nouveau, auquel il a donné le nom de *Davidsonia*, en l'honneur du savant auteur de la *Monographie des Brachiopodes fossiles de l'Angleterre*, dont les deux premières parties viennent de paraître.

Sous ce rapport, je partage entièrement les vues de M. Bouchard, mais je suis au regret de ne pas être d'accord avec lui sur divers autres points de son travail. La différence de nos opinions provient sans doute, en grande partie, de ce que j'ai eu à ma disposition des matériaux plus nombreux et des échantillons plus complets que l'unique valve dont il a pu faire usage. C'est ainsi que j'ai pu m'assurer, que M. Bouchard, en identifiant l'échantillon figuré par M. de Verneuil, avec celui dont il a fait exécuter le dessin, a confondu deux espèces distinctes du même genre; je le démontrerai plus loin.

Voici les caractères du genre *Davidsonia*, tels que je les comprends; je les discuterai ensuite :

Davidsonia. *Bouchard-Chantereaux.*

Coquille inéquivalve, transverse, équilatérale, lorsqu'elle se développe dans des conditions normales, souvent irrégulière. La grande valve épaisse, adhérente aux corps sous-marins, par une partie de sa surface externe, à crochet droit, mince et souvent pointu, non perforé. Charnière articulée, composée de deux dents condyloïdes latérales, placées à la base de l'ouverture deltoïde de l'area. Area semblable à celle des *Thecidea*, et limitée par un angle bien prononcé; elle est fortement rejetée en arrière, la valve s'attachant aux corps étrangers, dès la naissance de la coquille, par le sommet de son crochet. Son ouverture est oblitérée par un *deltidium* composé de deux pièces triangulaires, soudées sur la ligne médiane de la valve; ce deltidium est très-bombé et n'occupe jamais la longueur totale de la fente, dont la partie antérieure ou cardinale, ne peut être fermée que par une saillie correspondante qui

existe au bord cardinal de la valve libre. Cette dernière est operculiforme, tantôt faiblement convexe, tantôt légèrement concave, rarement plane.

Les ornements extérieurs de l'une, comme de l'autre valve, se réduisent, en général, à quelques stries d'accroissement, ou à quelques légères lamelles. Outre deux ou trois sillons latéraux, on remarque de chaque côté de la surface interne de la valve adhérente, un tubercule calcaire plus ou moins bien prononcé. La face antérieure ou frontale de chacun de ces tubercules est disposée en gradins, tandis que la face postérieure n'offre rien de semblable; mais en revanche elle est ornée d'un grand nombre de petites fossettes identiques à celles qui couvrent le reste de la surface interne. Deux impressions musculaires, d'une forme peu régulière, sont placées immédiatement en dessous de la fente deltoïdale. Le bord antérieur est tranchant et garni, à l'intérieur, de petits plis verticaux; il est limité intérieurement par un limbe assez bien prononcé. La surface interne de la petite valve, est divisée en deux parties égales, par un bourrelet médian, fesant saillie à l'intérieur, et qui, en se bifurquant vers la partie antérieure, s'étend tout autour des bords libres de la valve, en se maintenant à une faible distance de ce bord. Par cette disposition, il donne lieu à la production de deux petites excavations latérales, lisses, plus ou moins bien prononcées, suivant l'espèce, et destinées à loger le sommet des tubercules calcaires de l'autre valve. Son appareil gynglimoïde est composé d'un petit bouton médian, séparé par des sillons profonds, de deux boutons latéraux plus épais, mais un peu moins saillants. A la base latérale de ces boutons, se trouvent les fossettes destinées à recevoir les deux petites dents cardinales de la valve adhérente. Au dessous de cet appareil se remarque une impression musculaire plus ou moins bien prononcée, selon l'espèce, et semblable à celle des *Leptœna*. La texture des valves est assez compacte; elles ne paraissent pas être perforées.

S'il est incontestable que les *Davidsonia* se rapprochent des *Crania*, par la manière dont elles se fixent sur les corps étrangers, il est facile de démontrer, que contrairement à l'opinion de M. Bouchard, elles s'en éloignent par la plupart de leurs autres caractères et qu'elles ne constituent pas ce passage des formes articulées à celles qui ne le sont pas, que le naturaliste Boulonnais a cru y découvrir.

Ainsi, loin d'avoir protégé un animal épais et semblable à celui

de la plupart des *Crania*, les valves des *Davidsonia* n'ont servi qu'à abriter un animal très-comprimé, analogue à celui d'un grand nombre de *Leptæna*, d'*Orthis*, et surtout de certaines espèces de *Thecidea*, comme le prouvent les divers échantillons bivalves que j'ai pu observer. La structure du test est aussi très-différente dans les coquilles des deux genres qui sont ici mis en parallèle; tandis qu'elle est extrêmement poreuse chez les *Crania*, elle est assez compacte chez les *Davidsonia*. Le crochet de ces dernières ne peut être assimilé au talon des *Crania*, et principalement à celui de la *Crania antiqua*. En effet, celui-ci est en tout semblable au talon des *Ostrea*, tandis que le crochet des coquilles décrites par M. Bouchard, ne diffère en rien d'essentiel du crochet des *Thecidea* et de celui de la plupart des Delthyridées. Seulement, comme il est fixé dès la naissance de la coquille, par l'une de ses faces, il ne peut pas se développer aussi facilement, ni aussi régulièrement que chez les autres genres de cette grande famille de Brachiopodes, et par cela même, il se trouve toujours fortement rejeté en arrière. J'ai pu constater que le crochet des *Davidsonia* était creux et qu'il n'était pas formé de lames horizontales superposées les unes aux autres, comme cela devrait être, s'il avait été produit par le même mode de secrétion que celui qui donne lieu à la formation du talon de certaines *Crania;* que bien au contraire, l'area et le deltidium doivent leur origine aux mêmes organes que ceux qui ont servi à les secréter chez les autres Brachiopodes qui en sont garnis. Cela résulte d'ailleurs de la structure même de la charnière ; car, étant composée de deux dents placées aux angles du deltidium de la valve adhérente et maintenues dans deux fossettes correspondantes de la valve libre, celle-ci ne peut clore hermétiquement le bord cardinal de la coquille, que pour autant qu'elle puisse s'engager sous le deltidium même et s'y mouvoir dans un espace suffisant. Ce mode d'articulation est extrêmement voisin de celui des *Thecidea*, qui, à mon avis, sont les Brachiopodes avec lesquels les *Davidsonia* ont le plus d'analogie. J'irai plus loin même, en soutenant que les *Davidsonia* sont les représentants des *Thecidea* dans les terrains paléozoïques. En effet, ces deux genres ont pour caractères communs, de s'attacher aux corps étrangers sous-marins par une partie de leur grande valve. Il en résulte que très-souvent leur forme est loin d'offrir cette symétrie de la plupart des Brachiopodes, qui, fixés au moyen de fibres musculaires ou d'un pédoncule mou, ont toute la surface de leur

coquille constamment plongée dans l'eau dans laquelle ils vivent, et n'y rencontrent aucun obstacle au développement régulier de leurs organes et des parties solides qu'ils sécrètent. En outre, le deltidium des *Davidsonia* a exactement la même forme que celui des *Thecidea*, et dans l'un comme dans l'autre genre, il n'atteint pas la limite du bord cardinal. Enfin, leur structure interne offre une analogie frappante avec celle des *Thecidea* liasiques que M. Davidson a si bien décrites et figurées il y a quelque temps (1). Avec ces dernières, la ressemblance est telle, qu'il serait presque impossible d'affirmer que les *Davidsonia* forment un autre type générique qu'elles, lorsque les coquilles de chacun de ces genres, sont munies de leurs deux valves. Mais ce qui les distingue véritablement les unes des autres, ce sont les tubercules calcaires, qui s'élèvent au centre de chacune des deux moitiés de la valve inférieure des *Davidsonia*. Ces tubercules, dont la partie antérieure est garnie de deux ou trois gradins, ont été indiqués par M. de Verneuil comme devant leur origine aux bras ciliés ou servant d'attache à ces organes. Cette opinion a été combattue avec raison par M. Bouchard, qui en a émis une autre, que je suis obligé de combattre à mon tour.

Selon le savant naturaliste Boulonnais, ces tubercules ou cônes, auraient servi d'attache à une paire de muscles adducteurs vigoureux, destinés à clore hermétiquement la coquille. Les motifs sur lesquels il s'appuie sont fort bien déduits, et j'avoue volontiers que, si je n'avais pas connu la valve supérieure, et surtout, si je n'avais pas eu d'échantillons d'une conservation assez parfaite, pour me montrer la trace des vaisseaux circulatoires de l'animal, le long de ces tubercules, j'aurais entièrement partagé l'avis de M. Bouchard.

L'existence du fait que je viens d'énoncer, suffit pour prouver que, ni l'opinion de M. de Verneuil, ni celle de M. Bouchard, ne rendent compte de la véritable origine des concrétions calcaires qui se trouvent dans la valve inférieure des *Davidsonia*. Je pense qu'il n'est pas nécessaire de chercher dans l'existence d'organes spéciaux la cause de la production de ces tubercules, dont la forme d'ailleurs est variable selon les espèces.

Des Brachiopodes encore vivants et fossiles dans le terrain

---

(1) A Monograph of british oolitic and liasic Brachiopoda, p. 13 et suiv., et pl. I. 1851.

tertiaire, offre quelque chose d'analogue; c'est ainsi que la *Bouchardia* (*Terebratula*) *rosea*, Sow. et la *Terebratula Kickxii*, Nyst, ont le test extrêmement mince sur la moitié antérieure de leur grande valve, tandis que les côtés de la moitié postérieure de cette même valve, sont fortement épaissis, bien qu'ils ne servent pas de points d'attache aux muscles adducteurs des valves.

Je renonce donc à trouver une autre explication de l'existence des concrétions calcaires au fond des valves fixes des *Davidsonia*, que celle que l'on pourrait donner de l'épaississement de certaines parties des valves d'autres Brachiopodes. Je ferai remarquer, en outre, que malgré l'épaisseur de la valve adhérente, et bien que celle-ci n'accuse jamais à son intérieur les ondulations ou les dessins des corps sur lesquels elle est fixée, j'ai pu m'assurer par l'inspection d'un échantillon du musée de Bonn, et d'un autre de ma collection, que parfois ce dessin se reproduit sur la valve operculaire (Pl. II, fig. 1, *b*). Ce point est important à constater, parce qu'il prouve combien est grande l'influence de la forme, sur les animaux qui se fixent sur les corps étrangers, et combien il serait facile d'être induit en erreur dans la détermination des espèces et quelquefois même des genres, si l'on n'y faisait attention.

Jusqu'à présent on ne connaît que deux espèces de *Davidsonia*. Toutes deux se trouvent dans le système moyen du terrain dévonien, alliées à la *Calceola sandalina*, à l'*Orthis striatula*, aux *Terebratula reticularis* et *Pelapayensis*, au *Favosites polymorpha* et au *Receptaculites Neptuni*. Néanmoins, jusqu'ici, je ne les ai trouvées adhérentes que sur la seconde, la troisième et surtout sur la cinquième de ces espèces. La collection de Bonn en possède un échantillon adhérent à un fragment de *Cyathophyllum*. Elles peuvent servir à déterminer rigoureusement l'étage dans lequel elles se rencontrent. Jusqu'ici, elles n'ont encore été trouvées que dans l'Eifel, aux environs de Gérolstein et dans le pays de Chimay. Il est probable qu'on parviendra à les découvrir en Angleterre et dans les autres contrées où l'étage à *Calceola sandalina* a été signalé.

Ainsi que je l'ai déjà fait observer plus haut, les *Davidsonia* sont aux autres Brachiopodes paléozoïques, ce que les *Thecidea* sont aux Brachiopodes jurassiques, crétacés, tertiaires et vivants. C'est un chaînon de plus qui servira à construire la grande chaîne par laquelle tous les êtres organisés se lient entre eux.

1. DAVIDSONIA VERNEUILLII. Bouch.-Chant.

Pl. I, Fig. 1, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* et Pl. II, fig. 1, *a*, *b*.

Thecidea prisca. Gold. Mss. Coll. de Bonn.
Davidsonia Verneuillii. Bouch.-Chant., 1849. Ann. des sc. nat., 3e sér., vol. XII, p. 92, pl. 1, fig. 2 et 2*a* (syn. exclusâ).

Coquille transverse, ovale, souvent irrégulière et déprimée en dessus. La grande valve est épaisse et adhérente par une partie plus ou moins considérable aux corps sous-marins, dont elle remplit les petites cavités sans en accuser intérieurement les formes. Ses concrétions calcaires sont rejetés en avant et occupent la moitié antérieure de la coquille; leur forme est subtriangulaire à la base et leur sommet ne dépasse jamais le bord de la coquille, lorsque celle-ci est bien conservée. Deux ou trois gradins, dont les traces se prolongent d'ordinaire parallèlement aux bords libres de la valve, les garnissent en avant. Leur direction est à-peu-près verticale. Ils sont un peu plus larges que hauts et séparés l'un de l'autre par un canal, au fond et au milieu duquel se trouve une petite crête allongée, peu apparente. A l'exception des points d'attache musculaires, toute la surface interne, y comprise celle des cônes, est ornée de petites fossettes, semblables à des piqûres d'épingle; ces ornements prouvent à l'évidence, que le manteau a dû recouvrir en entier cette surface, qui dans les échantillons de bonne conservation, porte, en outre, des traces des vaisseaux circulatoires. Les traces de ces vaisseaux sont parfois visibles à l'œil nu, plus souvent elles sont assez peu prononcées, pour ne pouvoir être aperçues qu'à l'aide d'un instrument grossissant, mais elles sont toujours le plus apparentes sur la partie antérieure des tubercules calcaires, comme le prouve la figure 1, *c* de la Pl. I de cette notice. Ainsi que cela se remarque dans la plupart des Brachiopodes delthyridés, les impressions d'une paire de muscles assez forts, se trouvent chez les *Davidsonia* placées immédiatement en dessous du deltidium, et occupent le tiers postérieur de la valve. Leur forme n'est pas très-régulière; elles sont fortement striées en long, et assez profondément creusées dans l'épaisseur de la valve.

L'aréa est triangulaire, assez souvent un peu irrégulière, rejetée tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, et couverte d'un grand nombre de stries d'accroissement. Son sommet est généralement obtus. Lorsque la valve n'est pas entièrement adhérente, elle est légèrement plissée dans ses parties libres et couverte de fortes stries d'accroissement, qui rendent la surface un peu lamelleuse. Ces derniers caractères sont surtout sensibles aux bords libres de la valve.

La petite valve est subsemicirculaire, ordinairement un peu convexe en dehors et concave en dedans. Elle paraît lisse à l'intérieur, quoiqu'elle soit couverte de stries très-fines d'accroissement, peu sensibles à l'œil nu. Elle est amincie sur les bords, autour desquels il règne à l'intérieur une sorte de bourrelet assez épais, qui est rendu très-sensible par deux fossettes creusées dans l'épaisseur de la valve et correspondant aux tubercules calcaires. Dans cet intérieur, les ornements de la valve fixe se répètent, avec cette différence, que ceux qui sont en relief, sont reproduits en creux, et vice-versâ. C'est ainsi que l'on y remarque la contre empreinte des gradins, des tubercules et du sillon médian. Toute la surface interne est également couverte de petites fossettes ou piqûres qui confirment encore l'opinion, que les concrétions ou cônes calcaires ne peuvent pas avoir servi de points d'attache. Les attaches musculaires sont très-profondes et occupent à-peu-près la même étendue que celles de l'autre valve, auxquelles elles ressemblent. Les bords libres de la valve sont très épais et coupés presque à angle droit; dans les échantillons bivalves, cette partie verticale est recouverte par le limbe de la valve opposée, dont les stries sont probablement produites par les cils vibratils du manteau. Les dents latérales sont volumineuses comparativement à la grandeur de la coquille; chacune d'elles porte sur le côté externe une grande fossette destinée à recevoir les dents correspondantes de l'autre valve.

Rapports et différences. Ce *Davidsonia* se distingue de l'espèce suivante par une forme moins transverse, par une épaisseur plus forte, par le volume plus considérable de ses tubercules calcaires, par l'emplacement bien plus antérieur qu'ils occupent et, en outre, par la plus faible étendue de sa surface adhérente.

Localités. Je l'ai recueilli dans le schiste dévonien moyen des environs de Chimay et de Gérolstein. Il y est rare.

EXPLICATIONS DES FIGURES.

Pl. I, fig. 1, *a*. Echantillon des environs de Chimay, de grandeur naturelle, vu du côté de la petite valve.

Fig. 1, *b*. Le même, grossi.

Fig. 1, *c*. Le même, de grandeur naturelle, vu du côté de la grande valve.

Fig. 1, *d*. Le même, grossi.

Fig. 1, *e*. Le même vu de profil.

Fig. 1, *f*. Valve inférieure, des environs de Gérolstein, vue à l'intérieur et fortement grossie afin de montrer les fossettes et les traces des vaisseaux circulatoires qui ornent la surface.

Fig. 1, *g*. Petite valve, des environs de Gérolstein, vue à l'intérieur, de grandeur naturelle.

Fig. 1, *h*. La même, grossie.

Pl. II, fig. 1, *a*. Echantillon de grandeur naturelle, des environs de Chimay, attachée à l'*Orthis striatula*, Schlotz.

Fig. 1, *b*. Deux échantillons de grandeur naturelle de la même localité, vus en dessus et adhérents l'un à l'autre.

2. DAVIDSONIA BOUCHARDIANA.

Pl. I, Fig. 2, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, et Pl. II, fig. 2, *a*, *b*.

Leptæna. . . . de Vern. 1845. Russia and the Ural mountains, by Murch. de Vern. and de Keyserl., vol. II, p. 257, pl. 15, fig. 9.

Coquille transverse-ovale, très-déprimée, ayant sa plus grande largeur au bord de son area. La valve adhérente est assez mince; l'angle qui forme ses bords latéraux avec la limite antérieure de l'area est presque toujours aigu et ne dépasse pas 90°. Sa conformation intérieure est très-analogue à celle de l'espèce précédente, mais ces concrétions calcaires sont moins épaisses et sont placées à-peu-près au centre de chacune des deux moitiés de la valve.

Ordinairement, les sillons qui déterminent la formation des gradins sont un peu mieux prononcés. Les attaches musculaires sont plus petites et moins distinctes. La valve adhère toujours par toute sa surface aux corps étrangers, à l'exception de son limbe, qui y est perpendiculaire. L'angle du sommet de son area est aigu. Sa surface interne est garnie dans toute son étendue de petites fossettes. Elle offre rarement des traces de l'impression et de la direction des vaisseaux circulatoires si souvent visibles et si distinctes dans l'espèce précédente.

La petite valve est plane et même quelquefois concave en dessus, sans autres ornements extérieurs que ceux qu'elle emprunte souvent aux corps étrangers sur lesquels la coquille est fixée. Sa conformation est un peu différente de celle de la valve correspondante de la première espèce. Ses bords sont plus tranchants et moins perpendiculaires. A l'intérieur, ses deux fossettes sont mieux circonscrites et bordées d'un bourrelet épais, qui fait surtout saillie au centre de la valve, et qui est limité extérieurement par un sillon bien marqué et assez profond. Le seul échantillon isolé, que j'aie pu me procurer de cette valve ayant souffert du côté de la charnière, je ne puis en indiquer la conformation; mais il est probable qu'elle est analogue à celle de l'espèce précédente, avec cette différence toutefois, que la surface qui a servi d'attache aux muscles, a dû occuper une moindre étendue.

Rapports et différences. Il sera toujours facile de distinguer ce *Davidsonia* du précédent par sa forme plus transverse et plus déprimée, par la place occupée par ses cônes calcaires et par la forme plus déprimée de sa petite valve.

Gisement et localités. J'ai trouvé cette espèce avec la précédente. Elle est surtout adhérente à des polypiers. Je l'ai dédiée au savant à qui l'on doit la création du genre.

EXPLICATION DES FIGURES.

Pl. I, fig. 2, *a*. Echantillon bivalve, grossi et vu en dessus; des environs de Gerolstein.

Fig. 2, *b*. Le même, vu de profil.

Fig. 2, *c*. Autre échantillon de la même localité, de grandeur naturelle, vu à l'intérieur.

Fig. 2, *d*. Le même, grossi.

Fig. 2, *e*. Valve supérieure de grandeur naturelle, vue à l'intérieur; des environs de Chimay.

Fig. 2, *f*. La même, grossie.

Fig. 2, *g*. La même, vue de profil.

Fig. 2, *h*. Partie de la même, fortement grossie.

Pl. II, fig. 2, *a*. Fragment de Favosites polymorpha, couvert de *Davidsonia Bouchardiana*, de Gérolstein. La figure *a* montre le dessin du Favosites sur la valve supérieure.

Fig. 2, *b*. Un autre échantillon de la même localité, dont la valve supérieure reproduit également le dessin du Favosites auquel il est adhérent. De la collection de Bonn.

Notice sur le genre Hypodema (1),

PAR

L. DE KONINCK,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE.

Lorsqu'en 1843 je publiai la 7^me^ livraison de mon ouvrage sur *les Animaux fossiles du terrain carbonifère de Belgique*, j'y décrivis une espèce de mollusque que je rapportai alors, non sans une certaine hésitation, au genre *Calceola*, et à laquelle je donnai le nom de *Calceola Dumantiana*. Bien que ma détermination ait été admise sans contestation par la plupart des paléontologistes, elle ne me satisfaisait pas, à cause des grandes différences qui existent entre la structure interne des *Calceola* dévonienne et silurienne, et celle de l'espèce carbonifère. Les recherches auxquelles je me suis livré depuis plusieurs années, dans le but d'élucider ce point encore obscur de la science paléontologique, m'ont enfin permis d'obtenir quelques résultats qui me paraissent favorables au soutien d'une opinion contraire à celle que j'ai émise d'abord et à l'établissement d'un nouveau genre auquel la soi-disante *Calceola* carbonifère servira de type. La découverte d'une coquille que je crois être la petite valve de cette dernière espèce, a beaucoup contribué à fixer mon opinion. Voici les caractères qui serviront à distinguer ce nouveau genre.

Coquille bivalve, à valves inégales, non adhérentes; la grande valve est en forme de capuchon; elle n'est pas toujours parfaitement équilatérale; son extrémité pointue, est souvent légèrement recourbée tantôt à droite, tantôt à gauche; elle a un côté applati, subtriangulaire, dont le bord marginal est garni d'un fort bour-

(1) De ὑποδημα, calceus.

relet lisse. Le côté opposé est arrondi et présente assez bien la forme d'un cornet de papier ou d'une enveloppe conique coupée en deux dans la direction de son axe. Sa surface est assez rugueuse et couverte d'un grand nombre de stries d'accroissement irrégulières. L'intérieur est lisse; de chaque côté on observe une impression musculaire, petite, mais assez profonde et de forme semi-circulaire, placée près du bord marginal et à l'angle formé par la réunion des bords de la partie relevée ou semiconique, avec ceux de la partie plane. Un sillon bien prononcé, passant par le fond de la valve, relie ensemble ces deux impressions. La petite valve est presque entièrement plane; néanmoins, elle possède, à l'intérieur, à-peu-près les mêmes caractères que la grande, avec cette différence que ceux-ci sont moins fortement prononcés, et que l'on remarque à peine les impressions musculaires.

Rapports et différences. Ainsi que je l'ai déjà fait observer plus haut, le genre *Hypodema* a quelque analogie avec le genre *Calceola* de Lamarck. Néanmoins, il s'en éloigne par des caractères bien prononcés et que je vais essayer de faire ressortir.

C'est ainsi, que chez les *Calceola*, la surface interne est ornée d'un grand nombre de stries, qui, du fond de la grande valve se dirigent vers les bords libres et produisent même, sur le bord de la partie plate de la coquille, une série de petites dents ou de tubercules, qui servent à l'articulation de la petite valve. Rien de semblable n'existe chez les *Hypodema*, dont la surface interne est parfaitement lisse et dont le bord au lieu d'être denticulé, est lisse et souvent épais et arrondi. D'un autre côté la forme générale des *Calceola* est toujours beaucoup plus régulière; sa partie plate est nettement prononcée et limitée de chaque côté par une arête bien caractérisée et assez tranchante; cette partie, qui correspond à l'area des *Spirifer*, est partagée en deux parties égales, par une petite côte, déterminée par l'action successive d'un bouton ou d'une crête médiane de la petite valve, et destinée à remplacer l'ouverture deltoïde des Brachiopodes qui en sont pourvus; elle est, en outre, garnie de stries d'accroissement parallèles au bord et de stries longitudinales qui coupent les premières à angle droit, ainsi que cela a lieu sur l'area de toutes les *Delthyridées*, dont les *Calceola* forment en quelque sorte le passage à d'autres formes. Les *Hypodema* n'offrent aucun de ces caractères, et leur absence complète me font douter que ces coquilles puissent encore être conservées parmi les Brachiopodes.

Je ne connais que deux espèces de ce genre, et toutes deux proviennent du calcaire carbonifère inférieur de Visé.

1. HYPODEMA DUMONTIANA.

Pl. II, fig. 3, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*.

Calceola Dumontiana. de Kon. 1843. Descrip. des Anim. foss. du terr. carb. de Belg., p. 512, pl. xxi, fig. 5, *a*, *b*, *c*.

Coquille petite, de forme subconique; sa grande valve capuliforme, à sommet tantôt obtus et droit, tantôt aigu et contourné, soit à droite, soit à gauche, couverte extérieurement d'un grand nombre de stries d'accroissement irrégulières et assez fortes. Les arêtes formées par la réunion de la partie applatie à la partie courbe, sont faiblement indiquées et arrondies. Le test assez mince vers les bords, est très-épais au sommet. Le bord marginal du côté aplati est également très-épaissi, tandis que le bord opposé est assez mince et tranchant. L'intérieur est lisse; la partie plate est partagée en deux parties égales par une gouttière peu sensible, qui, en partant du fond de la coquille, se dirige en ligne droite vers le bord, où elle vient s'effacer, avant d'avoir atteint sa limite externe. Les deux impressions musculaires latérales sont bien prononcées et assez profondes. Le côté courbe est entièrement lisse et ne présente aucune sinuosité.

La petite valve, ou la coquille que je prends pour elle, est subcirculaire, operculiforme et presque entièrement lisse à l'extérieur. On y remarque deux dépressions latérales, qui font ressortir faiblement une partie médiane subtriangulaire. La face interne de cette valve est divisée en deux parties à-peu-près égales, séparées entre elles par un sillon, ayant à-peu-près la forme d'une arbalète. La partie supérieure, correspondant à la partie courbe de l'autre valve, est plus lisse et plus épaisse que la partie inférieure; celle-ci porte dans son milieu une petite gouttière semblable à celle de la valve opposée. C'est cette disposition, dont l'analogie est des plus frappantes, qui m'a décidé à considérer cette coquille comme appartenant à la même espèce que l'autre.

Rapports et différences. L'*Hypodema Dumontiana* ne peut être

confondu avec l'*Hypodema transversa*, à cause de la différence considérable de sa taille et de la forme beaucoup plus transverse de cette dernière.

Localité. Ainsi que je l'ai déjà dit plus haut, cette espèce ne s'est encore rencontrée que dans le calcaire carbonifère inférieur de Visé. Elle y est rare.

EXPLICATION DES FIGURES.

Pl. II, fig. 3, *a*. Grande valve, de grandeur naturelle, vue de côté.

Fig. 3, *b*. La même, vue d'en haut.

— 3, *c*. La même, vue en dedans.

— 3, *d*. Autre échantillon, vu de côté.

— 3, *e*. Petite valve, de grandeur naturelle, vue en dessus.

— 3, *f*. La même, vue en dedans.

HYPODEMA TRANSVERSA.

Pl. II, fig. 4, *a*, *b*.

Quoique je ne connaisse de cette coquille que l'échantillon défectueux que j'ai représenté, je n'ai aucun doute qu'elle appartient au même genre que la précédente. Elle est de taille moyenne, très-transverse, peu élevée et très-épaisse. Une carène obtuse la sépare en deux parties, dont l'une me paraît avoir été plus large que l'autre. Sa surface est couverte de fortes stries d'accroissement, qui la rendent très-rugueuse. L'intérieur est lisse; on y remarque un sillon sinueux subparallèle au bord de la partie aplatie, et dont les deux extrémités aboutissent à une petite impression musculaire, assez profonde. Le bord est aminci et assez tranchant.

Sa petite valve m'est inconnue.

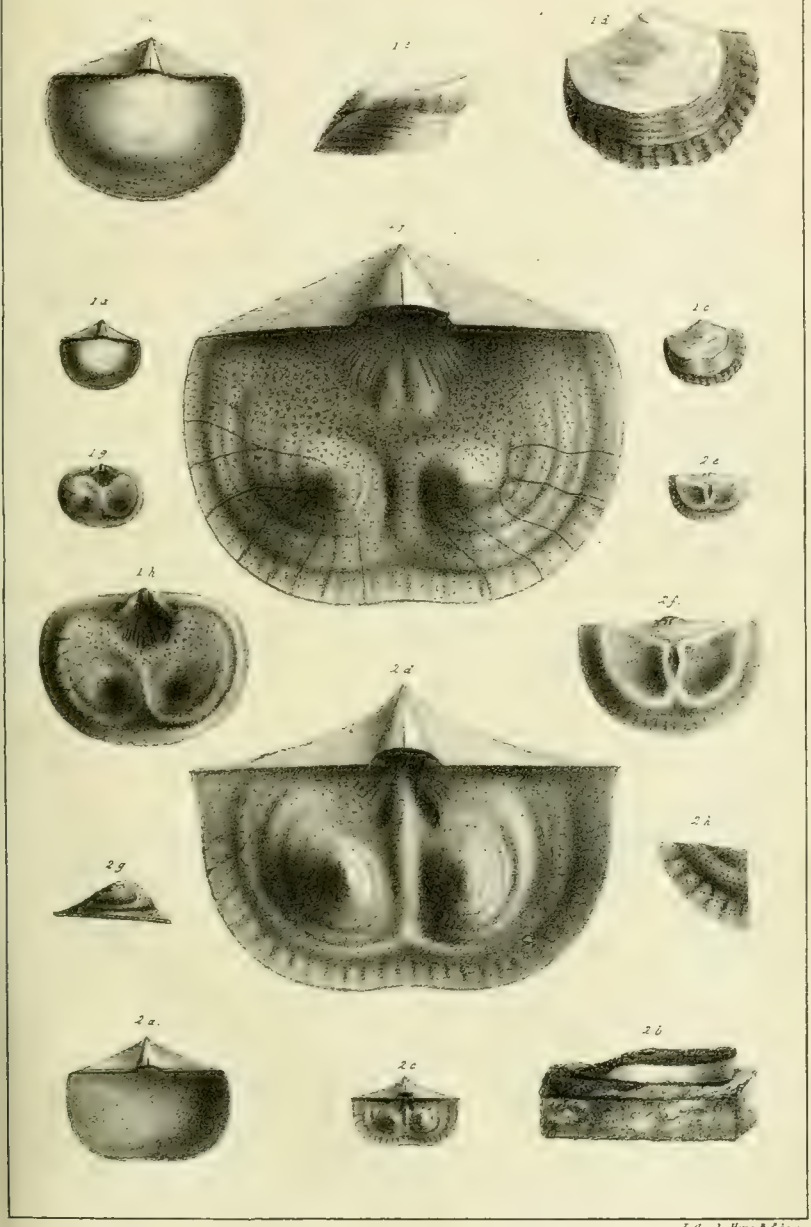
Rapports et différences. Par sa taille, par le tranchant de son bord marginal et par l'absence du bourrelet qui épaissit celui de l'espèce précédente, ainsi que par l'absence de la gouttière longitudinale, qui orne l'intérieur de cette dernière, l'*Hypodema transversa* s'en distinguera facilement.

Localité. J'ai trouvé cette espèce avec la précédente. Je n'en possède qu'un échantillon, dont l'état de conservation laisse beaucoup à désirer.

EXPLICATION DES FIGURES.

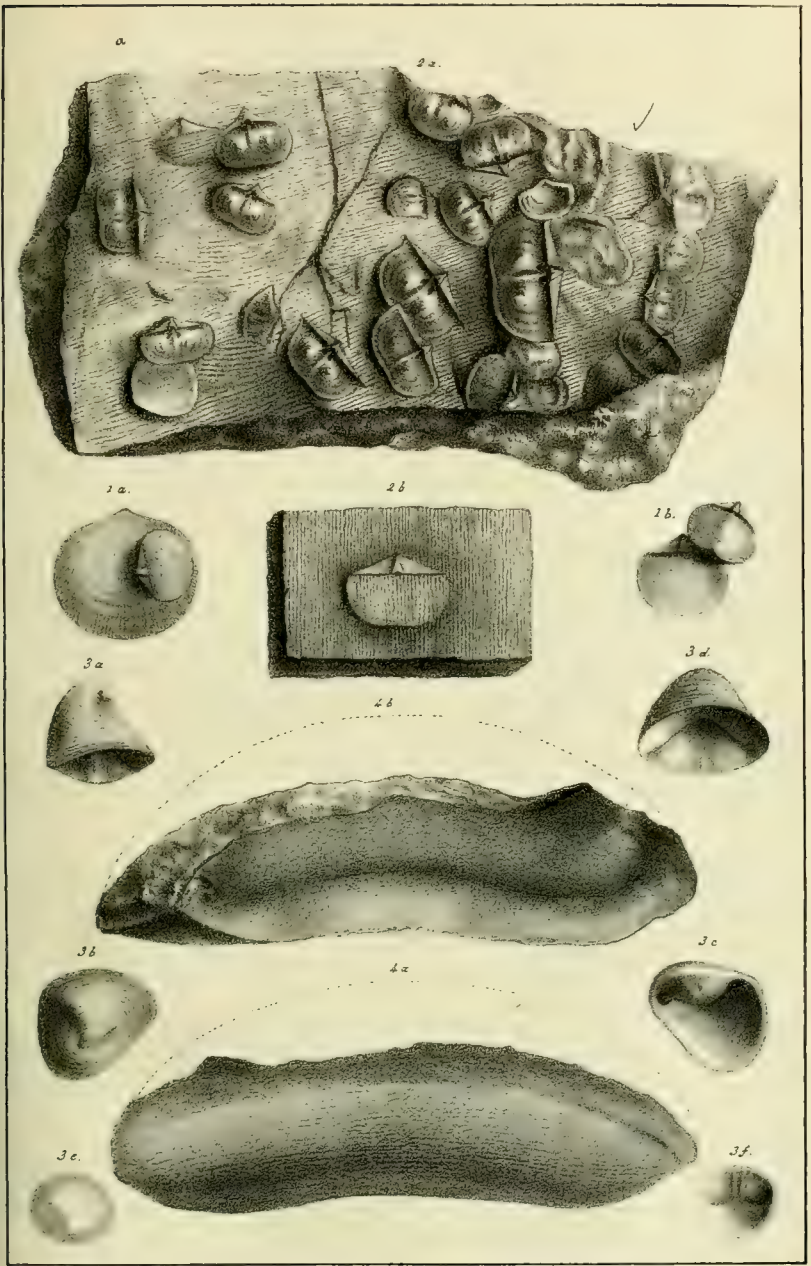
Pl. II, fig. 4, *a*. Echantillon imparfait, de grandeur naturelle, vu en dessus.

Fig. 4, *b*. Le même, vu à l'intérieur.



Lith. de Hasselt frères

Fig. 1. Davidsonia Verneuillii. Bouch.-Chant
Fig. 2 — Bouchardiana. de Koninck



Lith. de Heusch frères à Liége

Fig 1. Davidsonia Verneuillii Bosch Fig 3 Hypodema Dumontrana de Kon
Fig 2 — Bouchardiana de Kon Fig 4 - transversa de Kon

VI. — *Recherches sur la Télégraphie électrique*,

PAR

M^r M. GLOESENER,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE.

Le Mémoire qu'on va lire contient un exposé sommaire des nombreuses recherches que j'ai faites sur tous les systèmes de Télégraphes électriques, à l'exception de celui qui a pour but l'impression à l'aide de lettres. Elles embrassent toutes les questions essentielles sur la Télégraphie. Mon dessein n'est pas d'apprendre au lecteur la théorie du mécanisme des Télégraphes, ni la manière dont ils fonctionnent. Je suppose l'une et l'autre connues, et me demande seulement ce qu'il y a de mieux à faire dans chaque système, et s'il n'y en a pas de préférables à ceux actuellement en usage.

J'ai constamment, dans ces recherches, fait marcher de front la théorie avec l'expérience, en contrôlant sans cesse par celle-ci ce que celle-là m'indiquait comme devant être bon. Il m'a fallu, ainsi qu'on peut le présumer, construire à cet effet un grand nombre d'appareils, les modifier et même les abandonner complètement pour en confectionner d'autres lorsqu'ils ne répondaient pas à mon attente; j'ai été fortement secondé dans cette partie matérielle de mon travail par mon préparateur à l'Université, M. Tissington. C'est ainsi que, multipliant et variant à l'infini mes essais, je suis enfin parvenu aux résultats que je livre aujourd'hui à l'appréciation du public savant.

Pour plus de clarté, j'ai divisé ce Mémoire en autant de paragraphes qu'il contient de questions; elles sont nombreuses, et,

afin que le lecteur puisse les embrasser d'un regard, je crois devoir en mettre sous ses yeux le tableau que voici :

1° Exposition des inconvénients du ressort de rappel dans les Télégraphes.

2° Moyen proposé pour éviter les inconvénients du ressort de rappel et pour le remplacer.

3° Puissance motrice, au moins double, résultant de l'emploi de ce moyen proposé.

4° Moyens nouveaux d'accroître encore la puissance motrice dans le système de l'auteur.

5° Sensibilité doublée des Télégraphes à aiguilles astatiques.

6° Construction d'un récepteur permettant à l'aiguille d'avancer, de rétrograder et d'osciller à la volonté du Télégraphiste.

7° Récepteur où les lettres sont distribuées sur deux, trois ou quatre circonférences, et accroissement de vitesse qui résulte de cette construction.

8° Système de Télégraphe, où le courant électrique fait tout, à double clavier, sans ressort de rappel et sans que le courant change de direction.

9° Examen critique de différents modes de construction des transmetteurs ou des manipulateurs des Télégraphes à cadran.

10° Système à cadran avec clavier complet, avec transmetteur et avec récepteur sans ressort de rappel, le courant étant interrompu et dirigé alternativement en sens contraire par un mouvement d'horlogerie.

11° Construction d'un Télégraphe à clavier pour écrire à de grandes distances sans pile locale, sans ressort de rappel, avec un nombre de signes réduits de 69 ou 72 à 42.

12° Appareil permettant de transmettre les dépêches à une troisième, à une quatrième station, etc., en omettant les stations intermédiaires, sans faire passer directement le courant de la première station à la dernière, et sans faire copier et transmettre les dépêches de station à station ; appareil applicable aux Télégraphes à cadran et aux Télégraphes à écrire, les uns et les autres étant sans ressort de rappel.

13° Comparaison des divers systèmes de Télégraphes ; avantages et désavantages de chacun d'eux ; examen des causes qui peuvent déranger leur marche.

14° Emploi avantageux de l'extra-courant comme force motrice en Télégraphie.

15° Discussion de la question relative à l'établissement des fils aériens et des fils souterrains des lignes télégraphiques.

16° Remarques et réclamation au sujet d'un rapport relatif à un point contenu dans le paragraphe précédent.

17° Pendule magnéto-électrique.

18° Deux modifications dans la construction des galvanomètres.

19° Influence du magnétisme ordinaire sur le corps humain.

I.

Inconvénients de l'emploi du ressort de rappel dans les horloges et les télégraphes électriques.

1. Dans les horloges électriques, comme dans les Télégraphes à cadran avec lettres et ceux à écrire, la force motrice est un électro-aimant parcouru par un courant électrique, qu'on interrompt et rétablit alternativement et d'une manière continue. Lorsque le courant passe, l'électro-aimant attire une palette de fer doux, qui reste en place après que le circuit est rompu, mais qu'on ramène à sa position primitive à l'aide d'un petit ressort en acier ou en laiton. Ce système est représenté Pl. III, fig. 1; A est l'électro-aimant horizontal, PP′ la palette de fer doux, T sa tige engagée dans la fourchette C adaptée à l'axe *ab*; R le ressort de rappel; *m* et *n* deux palettes d'échappement montées sur l'axe *ab* et mobiles avec lui; M un mouvement d'horlogerie à ressort, qui meut l'aiguille indicatrice S portée sur l'axe d'une roue à rochet de 12 ou de 14 dents, passant successivement entre les palettes *m* et *n*.

Le ressort de rappel est une force permanente, tandis que l'électro-aimant est une force périodique. Lorsque le courant passe dans ce dernier, il attire la palette de fer; la tige A déplace l'axe *ab* et par suite les palettes *m* et *n*; la roue à rochet est dégagée, marche par saut d'une demi-dent, et, à chaque saut, l'aiguille S passe d'une lettre à la suivante au-dessus d'un cadran, sur lequel sont gravés l'alphabet complet et le signe +, devant lequel on ramène toujours l'aiguille, lorsque le Télégraphe ne fonctionne pas, et encore à la fin de chaque mot.

Aussitôt que le courant est interrompu, la palette est ramenée à à sa position primitive par le ressort de rappel; et comme il im-

porte beaucoup que les signaux se transmettent très-promptement, il est nécessaire de fermer et rouvrir le circuit du courant plusieurs fois par seconde. Le fer doux vibre continuellement avec une grande rapidité sous l'influence du ressort de rappel et de l'électro-aimant; mais ces vibrations ne peuvent se faire sans trouble et sans irrégularité qu'autant qu'il y a un rapport de grandeur déterminé entre la tension du ressort et la force attractive de l'aimant temporaire sur la palette de fer doux. En effet, si le courant est faible, et que le ressort soit très-tendu, l'électro-aimant ne pourra déplacer la palette de fer doux; si, au contraire, le ressort est peu tendu, tandis que le courant est intense, il ne suffira plus pour ramener la palette, après que le courant est interrompu, parce que l'électro-aimant l'arrête et la retient, en vertu du magnétisme qu'il conserve et qui est proportionnel à celui que le courant avait développé. Or, l'intensité variant toujours avec le temps par l'action de plusieurs causes différentes : par l'inconstance des piles, même de celles qu'on appelle piles à courant constant; par l'influence de l'électricité atmosphérique et celle des orages; par l'isolement toujours plus ou moins imparfait des fils conducteurs des lignes télégraphiques, ainsi que par des causes locales, il en résulte que le ressort de rappel nécessite un réglage presque continuel, et que, par suite, outre ce désagrément, il produit un retard dans les communications. Aux inconvénients que présente l'emploi du ressort de rappel, il faut ajouter les deux suivants. Le magnétisme qui reste dans l'électro-aimant, après que le courant est interrompu, agit sur la palette de fer, tend à l'attirer et à la retenir; il a, par conséquent, infailliblement pour effet de diminuer la rapidité des vibrations de la palette de fer. La pratique m'a démontré qu'il en est ainsi : en faisant marcher par l'action du même courant électrique invariable, durant les expériences, deux télégraphes identiques dans leur construction, mais, l'un muni d'un ressort de rappel, et l'autre fonctionnant sans ce ressort (voir le paragraphe suivant), ce dernier permettait de transmettre les signaux avec plus de vitesse que le premier. Enfin, le ressort de rappel occasionne par sa tension, toujours nécessaire, une résistance très-appréciable à vaincre par la force du courant, résistance qui est d'autant plus préjudiciable que celle due aux fils des lignes et à ceux des électro-aimants, que l'on ne peut éviter, affaiblit l'intensité des aimants des piles, même très-énergiques, au point qu'avec le même appareil on ne peut télégraphier (parler) qu'à des distances limi-

tées. Aussi s'est-on plaint et se plaint-on généralement des inconvénients qu'entraîne l'emploi du ressort de rappel dans les Télégraphes, et, si l'on continue de s'en servir, c'est qu'on ne connaît encore aucun moyen de s'en passer.

II.

Moyen proposé pour éviter les inconvénients du ressort de rappel et pour le remplacer dans les Télégraphes et les horloges électriques.

En réfléchissant de quelle manière on pourrait atténuer ou même paralyser tout ce que le ressort de rappel a de désagréable, de gênant et de défectueux, j'ai compris que le meilleur et le seul moyen de détruire entièrement ses inconvénients, serait de le supprimer lui-même; mais alors comment ramener la palette de fer doux à sa position initiale, après que le courant a été interrompu?

Examinant avec attention le mouvement oscillatoire, que la palette doit avoir nécessairement pour déterminer la marche saccadée de l'aiguille indicatrice, j'ai vu qu'il serait produit infailliblement et d'une manière irrégulière par deux électro-aimants identiques A et B, placés symétriquement de part et d'autre de la palette, que le courant électrique traverserait, non pas simultanément, mais alternativement; c'est-à-dire de telle sorte que l'un déplaçât la palette en l'attirant vers lui, l'autre n'agissant pas, et que l'instant d'après ce dernier la ramenât à sa position initiale, le premier restant sans action. En conséquence, j'ai fait passer le courant d'une pile, à l'aide d'un petit interrupteur adapté au balancier d'un pendule en mouvement, par un fil *a* dans l'électro-aimant A, et par un fil *b* dans la pile de celle-ci, je l'ai conduit par un fil *c* dans l'électro-aimant B, puis l'y ai ramené par le fil *b* et l'ai conduit de nouveau par le fil *a* dans l'électro-aimant A, de sorte que le courant traversait alternativement les électro-aimants A et B, en passant toujours de l'un par la pile dans l'autre. Cette expérience souvent répétée m'a toujours réussi complètement.

A l'époque de ces recherches mon attention fut principalement fixée sur la construction d'horloges électriques mues par l'action des courants d'induction, et sur celle des transmetteurs des Télégraphes à l'aide d'appareils magnéto-électriques. Je commençai par employer la pile voltaïque dans les deux cas; et je me servis en-

suite d'un courant d'induction développé dans des électro-bobines à long fil, montées sur les pôles d'un fort aimant, dont je rapprochais et éloignais une plaque de fer doux à l'aide d'un excentrique mû par une manivelle. Le résumé de mes expériences se trouve dans le compte-rendu de l'Institut de France, du 7 avril 1848. A la fin de cette notice, je dis que l'on peut supprimer le ressort de rappel dans les horloges et les Télégraphes, en employant un troisième fil, ce qui deviendrait coûteux, lorsqu'il s'agit des télégraphes. Mais déjà avant l'envoi de ma notice, j'avais fait l'expérience suivante : J'avais conduit le courant électrique (d'induction) à la fois par les deux électro-aimants de mon appareil, et j'avais vu la palette rester immobile ; or, il était facile de comprendre, qu'étant attirée à la fois en sens contraire par deux forces égales, elle ne pouvait prendre aucun mouvement. Je la remplaçai alors par une palette d'acier trempé aimantée ; celle-ci commença à osciller rapidement, aussitôt que le courant d'induction traversa les deux électro-aimants à la fois et successivement. Or, les courants d'induction étant par leur nature même dirigés alternativement en sens contraire, il résulte de mon expérience les deux conséquences suivantes :

1° La palette aimantée vibrait rapidement par la raison qu'elle était attirée par un des électro-aimants, A par exemple, et repoussée en même temps par B ; et l'instant d'après, le courant ayant changé de direction, elle était attirée en sens contraire par B et repoussée en même temps par A dans la même direction, de sorte qu'elle était toujours sous l'influence de deux forces, l'une attractive et l'autre répulsive, agissant dans le même sens ;

2° En se servant des piles voltaïques pour les horloges et les Télégraphes électriques, on peut supprimer le ressort de rappel sans faire usage d'un troisième fil conducteur, si, à l'aide d'un changeur ou commutateur, on change la direction du courant et qu'on le conduise à la fois, mais successivement, dans deux électro-aimants placés symétriquement et très-près des deux côtés d'un petit aimant recourbé, de façon que le même courant les traversant à la fois successivement, l'un attire l'aimant en même temps que l'autre le repousse.

Je ne me suis jamais servi du transmetteur décrit dans ma première notice qu'avec deux électro-aimants et deux fils, dont l'un conduisait le courant d'induction dans les électro-aimants, et dont l'autre le ramenait à la pile ; mais je ne l'ai pas dit expressément

dans cette notice. Uniquement occupé à remplacer, dans les horloges et les Télégraphes, les courants voltaïques par des aimants d'induction, je ne songeais pas, dans ce moment, à la seconde conséquence indiquée ci-dessus. Mais je l'ai entrevue peu de jours après le départ de ma lettre, en date du 13 mars 1848, et dans un mémoire explicatif, en date du 24 juin de la même année, déposé à l'Institut de France, je développe les inconvénients du ressort de rappel, et expose en détail le moyen à employer pour le supprimer, tant pour le cas où l'on emploie comme force motrice des courants temporaires (d'induction), que pour celui où l'on préfère les courants continus des piles. Dans ma lettre au président, jointe à mon mémoire, je dis formellement que j'étais parvenu à supprimer le troisième fil dont il est question dans ma première lettre.

Je me bornerai à extraire littéralement de mon mémoire les passages suivants :

« L'emploi du troisième fil serait un désavantage réel; mais il » est excessivement facile d'éviter cet inconvénient, une fois qu'on » a l'idée de se servir non d'un seul électro-aimant, mais de deux, » placés symétriquement des deux côtés de la plaque aimantée. On » voit qu'on peut conduire le courant électrique dans le premier » électro-aimant appelé A, et de A dans l'autre nommé B, mais de » manière que la palette aimantée attirée par A soit en même temps » repoussée par B vers A; que le courant sorti de B passe à la » pile, change de direction, retourne en B, de B en A pour aimanter les deux électro-aimants en sens opposés, et faire, par conséquent, marcher par leur action réunie, la palette en sens » contraire. Le courant repasse de A dans la pile, change de direction, et retourne en A, puis en B et de là dans la pile, et » ainsi de suite; de telle sorte que les deux électro-aimants conspirent toujours pour mouvoir la palette motrice alternativement » dans un sens, puis en sens contraire. »

Plus loin j'ajoute : « Afin de constater l'importance de la suppression du ressort, j'ai comparé la marche d'un Télégraphe qui » en avait un avec celle d'un autre qui en était dépourvu, mais » d'une construction tout-à-fait identique; j'ai fait mes expériences » en manipulant avec des vitesses différentes et avec des courants » électriques de diverses intensités; je les ai répétées à différentes » reprises devant plusieurs personnes, notamment dans mon cours » de physique industrielle de 1847-1848 devant les élèves Félix » Dumont, Joseph Bellefroid, Victor Deliége, Othon Schaeller,

» Amédée Delevigne, Guillaume Wodon, et dans mon Cours de » Physique générale de la même année. Il n'est resté aucun doute » dans l'esprit de tous ceux qui ont vu marcher les deux appareils » à la fois, l'un à côté de l'autre, que la suppression du ressort » de rappel dans les Télégraphes et les horloges électriques et » magnéto-électriques n'est pas seulement une excellente chose en » théorie, mais encore une chose d'une très-grande utilité pra- » tique. »

Au mois d'août 1848, je communiquai verbalement les résultats de mes expériences à MM. Delezenne, à Lille; Breguet et Froment, habiles mécaniciens à Paris.

Vers la fin du mois de mai 1850, M. Devaux, Inspecteur-général des mines, vint au cabinet de physique de l'université de Liége voir mon appareil; je le fis fonctionner devant lui en même temps qu'un autre Télégraphe semblable au mien, sauf mon perfectionnement; je variai considérablement la vitesse du manipulateur ainsi que le nombre des éléments de la pile employée, et par suite, l'intensité du courant électrique. Mon appareil marcha toujours dans les différents cas de l'expérience, sans qu'on eût à régler quoique ce fût; il fonctionna aussi avec des courants plus faibles que l'autre, et avec des vitesses du manipulateur que l'autre ne pouvait suivre. M. Devaux fut frappé des avantages que mon appareil présentait sur l'autre. Il m'écrivit de Bruxelles, le 15 juin, que la Commission des Télégraphes, composée de MM. Quetelet, Cabrier et de lui, ne pouvant se rendre à Liége, il me priait de lui confier mon appareil avec le changeur dont je me servais, pour le mettre sous les yeux de la Commission. Je m'empressai de satisfaire à la demande de M. Devaux. L'appareil fut, pendant trois mois environ, entre les mains de la Commission; et depuis lors mon système fonctionne dans différentes stations des chemins de fer belges. Il a été, cette année, introduit dans la télégraphie française, et je ne puis douter qu'il ne soit employé partout où l'on aura appris à en apprécier les avantages.

III.

Puissance motrice, au moins double, résultant du moyen proposé pour remplacer le ressort de rappel.

On évite 1° tout le désagrément du réglage continuel du ressort de rappel et la perte de temps qu'il occasionne; 2° on gagne une

force motrice égale à la tension qu'il faudrait donner au ressort pour vaincre l'effet du magnétisme rémanent, et pour ramener la palette à sa position initiale; 3° en employant un petit aimant recourbé d'une bonne qualité d'acier trempé dur, et aimanté à saturation, on se procure deux pôles permanents plus intenses que ne seraient les pôles temporaires développés par un électro-aimant dans une palette de fer doux, même d'excellente qualité; 4° un électro-aimant, dans lequel on fait passer un courant électrique alternativement en sens contraire, porte plus de poids que si ce même courant est interrompu, en le traversant toujours dans le même sens. Ceci résulte de quelques expériences que j'ai faites, et se trouve confirmé par d'autres dues à Poggendorf (*Annales de physique*, 1852), qui évalue au double la différence de force, mais que j'estime plus faible dans les deux cas. Cet auteur ajoute, à la fin de son article, qu'il ne connaît aucun cas où l'on ait fait des applications de cette différence de force produite par le changement de direction du courant dans un même électro-aimant. Un coup-d'œil jeté sur ma brochure lui fera voir que, depuis 1848, j'ai appliqué cette différence de force en Télégraphie; 5° dans le système d'amélioration que je propose, le petit aimant oscille constamment entre deux électro-aimants identiques et placés symétriquement sous l'influence combinée et simultanée de l'attraction de l'un et de la répulsion de l'autre. Il est, par exemple, déplacé vers la droite par les deux pôles de l'un qui l'attirent, et en même temps par les deux pôles de l'autre qui le repoussent du même côté. Immédiatement après, le courant changeant de direction, l'aimant dévie vers la gauche, étant maintenant attiré par les deux pôles de l'électro-aimant qui l'avaient repoussé l'instant d'avant, et repoussé par les deux pôles de l'autre électro-aimant qui l'avaient attiré.

Or, c'est la solidarité de ces attractions et répulsions simultanées et conspirantes de deux électro-aimants sur une palette aimantée, qui constitue le principe et la base de mon perfectionnement.

J'ai appliqué le même principe à un seul aimant droit et à un seul électro-aimant. Le premier, suspendu avec soin et verticalement à un axe horizontal, à l'aide d'un anneau en cuivre, oscillait librement entre les pôles du dernier placé verticalement en-dessous. Dans ce cas il n'agissait que sur l'un des pôles de l'aimant. D'autres fois je le posais de champ, de façon qu'il agis-

sait par ses deux pôles sur les deux pôles de l'aimant fixe. Ce système est aussi bon que le premier quant au principe ; il y a, dans l'un comme dans l'autre, solidarité d'attraction et de répulsion combinées et conspirantes. Mais la puissance motrice n'est que la moitié de celle que produisent les actions combinées de deux électro-aimants sur un petit aimant recourbé ou une palette aimantée.

Ce dernier système, tel que je l'ai proposé, a, d'après mes nombreuses expériences, une puissance au moins double de celle d'un récepteur identique par sa construction et animé du même courant électrique, mais, pour tout le reste, construit d'après l'ancien système.

Cet accroissement de force ne rend pas seulement mon appareil deux fois plus sensible, mais il donne en même temps à sa marche plus de régularité, par suite, plus de sûreté, et permet de le faire fonctionner avec de plus grandes vitesses.

IV.

Moyens nouveaux d'accroître encore la puissance motrice, dans le système de l'auteur.

Plus un Télégraphe peut acquérir, par sa construction, de puissance motrice pour transmettre les signaux avec une pile d'une intensité donnée, plus il sera propre à envoyer les dépêches directement à de très-grandes distances, par exemple, de 150, 200, 250 lieues, etc., sans qu'on ait besoin de les faire copier de station à station, d'employer des batteries fort puissantes, ni de se servir de relais avec pile locale.

Or, les communications directes sont toujours préférables toutes les fois qu'elles sont possibles ; elles sont plus expéditives, plus simples, plus faciles à établir, et exemptes des erreurs qui proviennent de l'emploi combiné d'un relais et d'une pile locale. Le relais est, comme on sait, composé d'une batterie nommée pile principale, placée à la station A, qui donne les signaux, et d'un appareil nommé commutateur ou changeur, placé à la station B, qui les reçoit. Celui-ci est disposé de façon qu'en transmettant, au moyen du manipulateur en A, les communications à faire, le courant de la batterie ne passe pas par le fil de la ligne dans le récep-

teur en B pour les indiquer sur le cadran ou autrement, mais sert seulement, par l'intermédiaire du changeur, à les faire produire ou répéter par le courant de la pile locale, à mesure et dans le même ordre qu'elles ont été transmises. Par exemple, lorsque le courant de la batterie parcourt de A en B, le fil de la ligne et celui des électro-aimants du changeur, celui-ci ferme la pile locale, le courant de cette dernière parcourt le fil des électro-aimants du récepteur, lesquels déplacent subitement la palette aimantée et font marcher l'aiguille indicatrice d'une lettre à la suivante. Aussitôt qu'on interrompt le courant de la batterie, la pile locale s'ouvre et l'aiguille reste en repos; mais si le courant de la batterie parcourt l'instant d'après le fil du changeur en sens contraire, la pile locale se referme de nouveau, son courant traverse le fil des électro-aimants en sens contraire, la palette aimantée est déplacée du côté opposé et l'aiguille avance de nouveau d'une lettre, et ainsi de suite.

Or, si le manipulateur tourne très-vite, il pourra se faire que la pile locale ne puisse pas suivre ce mouvement avec régularité, ou que la communication entre les diverses pièces du changeur et les fils conducteurs, nécessaire pour le passage régulier du courant de la pile locale dans le fil du récepteur, manque par l'influence d'une cause ou d'une autre; par conséquent il y aura, dans ces cas, erreur dans la transmission des signaux télégraphiques. On ne peut se contenter de ce que les ressorts ou fils mobiles, conducteurs du courant, communiquent avec d'autres lames fixes par simple pression. Il est indispensable de disposer les ressorts mobiles de telle sorte qu'en pressant contre des lames fixes, ils puissent en même temps se plier un peu et frotter doucement pendant un instant contre elles. Par ce frottement le contact s'établit mieux, et, par suite, le courant passe avec plus de facilité et en plus grande quantité. Il me semble que le passage du courant d'un conducteur à un autre est rendu plus facile par la direction du courant alternativement en sens contraire, comme l'exige le système exposé plus haut; du moins cela paraît résulter de ce que, dans certaines actions électro-chimiques des piles, il se produit des oxidations et des dépôts divers près du pôle positif, si le courant passe dans un sens, et que ces dépôts sont décomposés et enlevés, s'il passe en sens contraire.

Il importe d'éviter à tout prix toutes les causes d'erreur possibles, et, par suite, d'introduire la plus grande simplicité dans la

construction et l'emploi des Télégraphes. Or, plus le mouvement de l'appareil est facile et plus on a de force motrice à sa disposition pour le produire, plus on peut introduire de célérité et de simplicité dans les communications télégraphiques. Nous allons voir encore trois moyens qui peuvent servir, au besoin, à augmenter la puissance déjà doublée de mon système.

1° Lorsqu'un courant électrique parcourt un fil conducteur très-long, avant de passer dans un autre fil enroulé sur un fer doux, il développe dans celui-ci, d'après la théorie, d'accord avec l'expérience, le plus de magnétisme possible, si le dernier fil oppose à sa circulation une résistance égale à celle qu'il éprouve dans le premier fil et dans la pile; si en même temps il forme autour du fer le plus grand nombre de tours possibles, et si ces tours sont le plus proches possible du fer. Or, pour remplir ces trois conditions, il faut construire des électro-aimants avec du fil très-bon conducteur, en cuivre ou en argent, d'un diamètre fort petit et d'une très-grande longueur. On prend généralement, pour conducteur sur les lignes télégraphiques, du fil de fer de quatre millimètres d'épaisseur; mais un fil de ce diamètre et de 110 kilomètres de longueur équivaut à un fil de cuivre de 1512 mètres de longueur et de $^1/_5$ de millimètre de diamètre. Par conséquent, en admettant, comme on le fait partout, que la terre n'oppose aucune résistance sensible à la circulation de l'électricité, bien que Baumgartner l'évalue, d'après ses expériences, au tiers environ de celle du fil de la ligne, on aurait à donner à deux électro-aimants 1512 mètres de fil fin de $^1/_5$ de millimètre pour une ligne de 110 kilomètres, et 4 fois 1512 mètres pour une ligne de 440 kilomètres.

Or, cette quantité de fil, répartie sur les deux bobines de deux fers, dont le diamètre ne serait que d'un centimètre, formerait sur chaque bobine des couches superposées en si grand nombre, que les tours extérieurs seraient éloignés de plus de 25 millimètres du fer et n'agiraient que fort peu, et probablement pas du tout, sur le fer. Néanmoins, le nombre énorme des tours moins éloignés du fer développerait encore dans ce dernier une grande énergie, quand même l'effet d'un seul tour serait excessivement faible. Il paraît inutile de donner à une électro-bobine double plus de 1100 ou 1200 mètres de fil de $^1/_5$ de millimètre; mais avec deux de ces bobines et une pile de 140 éléments on transmet directement des dépêches à 200 et même 250 lieues. Jacobi et Lenz ont cru

pouvoir établir, comme loi d'expérience, que chaque tour du fil d'un électro-aimant, animé par un courant, produit sur le fer, s'il sort sensiblement de la bobine, le même effet, quelque soit le diamètre du tour. S'il en était ainsi, il serait utile de multiplier le nombre des couches du fil sur les électro-bobines, jusqu'à ce que leur résistance à la circulation du courant fût égale à celle que produit le fil de la ligne. Mais je crois avoir reconnu souvent dans mes recherches, et notamment par deux expériences tentées en vue de confirmer ou d'infirmer la loi de Jacobi et Lenz, que les couches, formant le même nombre de tours sur un électro-aimant, exercent sur le fer des influences qui diminuent à mesure que les couches en sont plus éloignées. C'est ce que prouve l'expérience suivante.

J'enroulai sur une bobine en bois un fil d'un diamètre égal dans toute sa longueur, de manière à en former sept couches superposées, composées d'un même nombre de tours, et recevant le courant séparément. J'introduisis dans la bobine un cylindre de fer doux, et mis un fer recourbé en contact avec lui. Je fis ensuite passer le courant d'une pile constante, d'abord par la première couche, puis par la seconde, et ainsi de suite jusqu'à la dernière. Je suspendis au contact des poids placés dans un étrier, jusqu'à ce qu'il se détachât de l'électro-aimant. Or, ces poids additionnels étaient inégaux; il en fallait plus lorsque le courant parcourait la première couche intérieure, que lorsqu'il traversait la dernière : leur nombre diminuaient graduellement de couche en couche.

Dans une autre expérience, je placai l'électro-aimant, qui m'avait servi dans l'expérience précédente, devant l'un des pôles d'une boussole d'inclinaison. Je fis passer le courant d'une pile constante successivement par chacune des sept couches, et j'observai les déviations de la boussole : je trouvai que les déviations étaient sensiblement inégales, que la plus forte était produite par la première couche intérieure, et la plus faible par la plus éloignée du fer.

Enfin, je construisis un galvanomètre avec quatre couches séparées d'un fil de cuivre, faisant chacune le même nombre de tours. Le courant parcourut la première, puis la seconde, la troisième et la quatrième. J'observai les déclinaisons de l'aiguille compensée et trouvai qu'elles étaient inégales, que la plus grande était produite par la première couche intérieure, et la plus petite par la couche extérieure. Ainsi l'action de différentes couches sur le magnétisme déjà développé dans l'aiguille est la même que celle des

couches sur le magnétisme naturel du fer dans l'électro-aimant.

Il paraît donc résulter de ces expériences, d'accord avec d'autres que je ne rapporterai pas ici, que les différents tours du fil conducteur dans les électro-aimants produisent des effets inégaux et en raison inverse de leurs diamètres.

Or, s'il en est ainsi, on doit se demander quelle quantité de fil il faut prendre pour construire les électro-aimants dans les meilleures conditions possibles. Si l'on en prend trop, une partie de ce fil qui forme les couches les plus éloignées du fer n'agira pas sur celui-ci, tout en offrant cependant une résistance à la circulation du courant dont elle diminue l'intensité. Au contraire, quand on emploie une trop petite quantité de fil pour construire des électro-bobines, celles-ci ne produisent pas des effets suffisants.

Il faut toujours se laisser guider par les deux lois suivantes que démontre l'expérience : 1° un électro-aimant produit le maximum d'effet quand son fil est équivalent au fil qui représente la résistance que le courant aura à vaincre ; 2° l'intensité est en raison inverse de la longueur réduite du circuit et en raison directe de la section.

Dès-lors on voit clairement que les mêmes électro-aimants peuvent être très-bons sur une ligne télégraphique et fort mauvais sur une autre. Pour construire des électro-aimants, on prend généralement du fer dont l'épaisseur n'excède pas 13 à 14 millimètres. Or, nous avons vu que 1500 mètres de fil de cuivre de $^1/_5$ de millimètre d'épaisseur équivalent à 110 kilomètres de fil de fer de 4 millimètres de diamètre. Mais on peut facilement enrouler 1500 mètres de ce fil fin bien revêtu de soie sur des bobines de 13 à 14 millimètres d'épaisseur, sans que la couche extérieure soit éloignée de plus de 15 millimètres du fer ; ce fil ferait sans doute 17 à 18 mille tours. On peut mettre trois mille mètres du même fil sur ces électro-bobines, qui feraient au moins 24 à 25 mille tours, dont les extérieurs ne s'éloigneraient pas à plus de 25 millimètres du fer. Or, les couches extérieures agiraient encore sur le fer des bobines, si leur fil était traversé par un courant d'une pile *Daniell* de 40 éléments, placée à 200 lieues de distance. Car j'ai vu qu'un électro-aimant, où le fer est à un centimètre de la bobine et dont le fil a une résistance de 20 kilomètres, agit encore sensiblement sur une aiguille astatique distante de 2 centimètres, s'il est traversé par un courant d'une pile *Daniell* de six éléments, après qu'il a parcouru un fil de 200 kilomètres de résistance.

La distance à laquelle les derniers tours cessent d'agir d'une manière sensible sur le fer des électro-aimants dépend évidemment beaucoup de l'intensité de la pile. Mais en ne prenant même que 25 millimètres pour limite de cette distance, nous ne devons pas oublier que le courant qui a parcouru des lignes de 150, 200 lieues de distance est très-faible, même dans le cas où il provient d'une forte pile; que, par suite, les couches à plus de 15 et de 20 millimètres du fer ne produisent que très-peu d'effet; que, d'autre part, le fil dont elles sont formées oppose une résistance à la circulation du courant, sans compensation sensible; par exemple, 100 mètres de fil des électro-bobines offrent une résistance égale à un fil de ligne de 7300 mètres, et 400 mètres équivalent à un fil de ligne de 29200 mètres.

Ceci fait comprendre qu'il n'est guère utile et qu'il peut même être désavantageux de construire des électro-bobines avec la quantité de fil exigée pour le maximum d'effet, si toutes les couches agissent avec la même intensité. On voit qu'on ne peut satisfaire à cette condition que sur des lignes de certaines longueurs, tandis que sur des lignes très-longues on ne doit employer que des électro-aimants dont les derniers tours de fil peuvent encore avoir une influence sensible sur le fer, et enfin que sur de très-grands parcours une quantité de fil plus petite que celle qu'on pourrait prendre, n'empêche pas, d'après la loi de résistance, les appareils de fonctionner convenablement.

En appliquant les observations précédentes à l'emploi de deux électro-aimants dans la Télégraphie, on voit combien il est avantageux, lorsqu'il s'agit de communiquer des dépêches à de très-grandes distances. On peut, dans ce cas, enrouler très-utilement 3000 mètres de fil et plus sur les deux électro-aimants, sans que les tours extérieurs s'éloignent de plus de 16 à 17 millimètres du fer. Par là on gagne beaucoup plus en puissance qu'on ne perd par la résistance qu'occasionne le surplus de fil mis sur les deux électro-aimants, et que l'on employerait qu'en pure perte sur un seul électro-aimant dans l'ancien système.

Or, comme la puissance dans le nouveau système est déjà le double de ce qu'elle est dans l'ancien, à quantité égale de fil employé de deux côtés, nous voyons qu'elle sera bien plus que le double dans les cas dont il est question, et c'est en cela que consiste le premier moyen que nous avons voulu indiquer en tête de ce paragraphe. Ajoutons encore que nous pouvons aussi nous

servir d'électro-aimants de plus grandes dimensions que dans le système ordinaire, par la raison que le courant changeant alternativement de direction en sens contraire, l'effet nuisible du magnétisme remanent n'est pas à craindre.

2° Le second moyen de rendre mon appareil plus sensible consiste à employer une palette double au lieu d'une simple, et quatre électro-aimants au lieu de deux. On place (Pl. 4, Fig. 2) les deux électro-aimants A et A′ de part et d'autre et près de NS′, et les deux autres B et B′ de la même manière près de NS′. Les petits aimants sont réunis à leur courbure par une légère lame de cuivre suspendue avec soin à l'axe horizontal *ab*. Le courant passe par le fil des quatre électro-aimants à la fois, mais de façon que la palette NS′ soit attirée par A vers la gauche et simultanément repoussée par A′ dans le même sens, et qu'en même temps cette palette soit attirée vers la droite par B et repoussée du même côté par B′.

Aussitôt que le courant change de direction, la double palette se déplace en sens contraire et se met à vibrer rapidement, lorsque ces alternatives se succèdent avec une grande vitesse.

Ce système, que j'ai soumis à des épreuves répétées, produit sensiblement plus d'effet que le premier, lorsqu'il s'agit de communiquer des dépêches sur de très-grandes lignes. J'ai trouvé que les forces motrices des deux systèmes étaient dans le rapport de $1\frac{1}{2}:1$. Mais ce rapport croit sans aucun doute, lorsqu'on fait des essais sur des parcours plus longs que ceux qui étaient à ma disposition, car ainsi le veulent les lois de résistance si bien établies par Ohm et par Pouillet.

En donnant à chacun des quatre électro-aimants 1500 mètres de fil, les tours extérieurs ne seraient pas encore assez éloignés du fer, ainsi qu'on l'a vu plus haut, pour ne pas agir efficacement sur lui, et, d'un autre côté, les 6000 mètres de fil fin seraient beaucoup trop courts pour opposer au courant une résistance égale à celle des fils de 800 et de 1000 kilomètres.

Le moyen proposé permettrait même d'employer un fil de plus de 6000 mètres de longueur, ou un fil plus mince de moins de $^1/_5$ de millimètre d'épaisseur, sans que le courant perdit son influence sur le fer.

Le système de quatre électro-aimants n'est pas convenable pour des distances plus petites que 400 à 500 kilomètres, et produirait sur des lignes sensiblement plus courtes des résultats peu satisfaisants, attendu que le long fil des électro-bobines opposerait une

trop grande résistance au courant qui les parcourrait. Mais il présente une ressource pour des distances extraordinaires. Du reste, le système simple avec deux électro-aimants suffit pour des distances de 150 à 200 lieues, du moins, si l'on emploie, comme je le fais, un récepteur avec mouvement d'horlogerie.

3° Le troisième moyen d'accroître la puissance motrice de mon système consiste à remplacer la palette aimantée par un électro-aimant et les deux aimants temporaires par un aimant artificiel très-fort, et, par suite, à faire osciller le premier entre les pôles permanents de l'autre. Voici comment je procède : Je suspends (Pl. IV, Fig. 4), avec beaucoup de soin, à un axe horizontal *ab* un électro-aimant AB; je l'équilibre en faisant passer l'axe de suspension un peu au-dessous de son centre de gravité. J'en construis plusieurs, en variant leur longueur depuis trois jusqu'à six centimètres, et leur diamètre depuis un jusqu'à trois centimètres. Afin de diminuer leur poids, je les fore le long de leur axe, en laissant une épaisseur pleine de 2, 3 ou 4 millimètres. J'introduis ces cylindres forés dans des bobines revêtues de 300, 400 et jusqu'à 600 mètres de fil de cuivre isolé de $^1/_5$ de millimètre de diamètre. J'obtiens ainsi des électro-aimants pesant 112, 140, 161, 206 et jusqu'à 250 grammes. Je suspends celui d'entre eux, que je veux soumettre à l'expérience, entre les deux pôles d'aimant dont la force varie entre 5, 6 et 10 kilogrammes.

Il convient que l'écartement des pôles soit tel que l'électro-aimant puisse librement osciller, et de plus, que la hauteur des lames superposées de l'aimant soit égale à la longueur de l'électro-aimant, afin que chaque pôle puisse agir avec une égale énergie sur ses deux bouts. Or, d'après la théorie, le même pôle agit par attraction sur l'un des bouts et par répulsion sur l'autre, de telle façon, que ces attractions et répulsions sont toujours solidaires et simultanées pour imprimer à l'électro-aimant double un mouvement alternatif en sens opposé.

Voici les expériences que j'ai faites dans ce système :

J'ai pris successivement des aimants dont les pôles étaient également distants, mais dont les forces variaient depuis 5 jusqu'à 10 kilogrammes, en conservant le même électro-aimant et le même nombre d'éléments. Je fis passer le courant par l'électro-aimant et en même temps par une bobine de 50, puis par une de 100, enfin par une de 150 kilomètres de résistance; j'augmentai graduellement la vitesse du manipulateur au point de lui faire décrire un tour

entier par seconde, et même quelquefois en moins d'une seconde, de sorte que l'aiguille du récepteur parcourait, pendant ce temps, les 25 lettres de l'alphabet sur le cadran. Or, son mouvement restait parfaitement régulier avec toutes les vitesses qu'on lui imprimait. Voici les expériences à l'appui :

Entre les pôles d'un aimant posé de champ, de la force de 8 kilogrammes, je fixai le pied d'un électro-aimant vertical, creux, de 3 $^1/_2$ centimètres de hauteur, de 2 millimètres d'épaisseur, et revêtu de 400 mètres de fil, éloignés de 2 millimètres de l'aimant et pesant 116 grammes. Je conduisis le courant de 16 éléments faibles de la pile de *Daniell* par l'électro-aimant, et, en outre, par un fil de 50, puis de 100, enfin de 150 kilomètres de résistance, en faisant décrire au changeur un tour entier par seconde.

Je remplaçai ensuite l'électro-aimant par un autre également creux, mais ayant 5 centimètres de hauteur, 3 millimètres d'épaisseur et pesant 206 grammes. Le courant de la même pile passa par le fil de la bobine et en même temps par un fil de 100 kilomètres, puis par un de 150 kilomètres de résistance. Je répétai cette dernière expérience en remplaçant l'électro-aimant creux par un autre plein et pesant 260 grammes. Je réunis l'électro-aimant par une tige avec les palettes d'échappement d'un récepteur, et fis décrire à son aiguille un tour entier par seconde. Enfin, j'adaptai à l'électro-aimant une légère tige, munie d'une pointe en acier, et fis écrire ou marquer des points et des lignes sur des feuilles d'étain et sur du papier mou, en conduisant le courant par l'électro-aimant, d'abord dans un sens, puis en sens contraire.

Dans toutes ces expériences les oscillations de l'électro-aimant furent très-régulières et fort vives, et il me fut facile de reconnaître que ce système présentait une puissance motrice sensiblement plus grande que celui à deux aimants temporaires et un permanent. Mais il est facile de doubler et de tripler cette force en se servant d'un aimant fixe de la puissance de 20, de 30 kilogrammes, et en employant un électro-aimant de 700 à 800 mètres de fil, dont le poids n'excédera pas 200 grammes. Par ce moyen on pourra, j'en ai la conviction, se procurer une puissance motrice plus grande que celle produite par les autres moyens développés plus haut.

A ceci je dois ajouter encore que dans mes expériences il se développe des courants d'induction très-sensibles, dont l'action semble s'ajouter à celle du courant de la pile. Je compte soumettre à

de nouvelles épreuves le mouvement oscillatoire d'un électro-aimant en le soumettant à l'influence d'aimants fixes, afin de constater quel parti on pourra tirer de ce système en Télégraphie.

Il y a plus de deux ans que j'ai fait mes premières expériences sur le système ci-dessus; dès cette époque j'avais constaté qu'il offre plus de force motrice que le premier, mais je n'ai pu obtenir des vitesses plus grandes qu'un tour en 4 secondes. La suspension n'était pas assez parfaite ni les électro-aimants assez bien construits.

A cette époque, je fis osciller très-souvent un aimant au-dessus d'un électro-aimant placé dans une position verticale, en les rapprochant l'un de l'autre autant que possible, de sorte que l'aimant effleurait, pour ainsi dire, la surface de l'électro-aimant.

Je variai la disposition de mon expérience de différentes manières. Je donnai à l'aimant une largeur égale à la distance qui sépare les axes des deux électro-aimants simples, pour que ceux-ci pussent agir tous deux sur le pôle voisin. Je fixai près de chacun des pôles de l'aimant un électro-aimant de la manière indiquée plus haut. Je substituai à l'aimant droit un autre un peu moins large, qui pouvait passer entre les deux bouts de l'électro-aimant à un millimètre de distance de chacun d'eux. Enfin, je remplaçai l'aimant droit par un autre recourbé, dont l'un des pôles étaient presqu'en contact avec l'aimant temporaire, tandis que l'autre en était éloigné. Dans toutes ces expériences, les amplitudes des oscillations furent limitées à un millimètre de chaque côté. L'action réciproque des pôles en présence avait lieu latéralement, c'est-à-dire suivant des lignes obliques, et non suivant des lignes parallèles à leurs axes. Aussitôt que le courant traversait les électro-aimants, en changeant alternativement de direction, l'aimant commençait à vibrer en imprimant un mouvement très-rapide à l'aiguille du récepteur; cependant il était visible que ces différents modes de produire la force motrice dans les Télégraphes offraient moins d'avantage que le premier système.

M. Edmond Denys, de Nancy, a proposé un moyen d'augmenter la sensibilité des Télégraphes avec lettres, qui revient à faire agir l'électro-aimant obliquement et non parallèlement à son axe. Il n'emploie qu'un seul électro-aimaint et remplace le ressort de rappel par un léger poids, c'est-à-dire par un ressort à tension constante. Il creuse les deux bouts de l'électro-aimant et du fer de contact de 2 millimètres de profondeur, afin que le magnétisme

développé se porte sur les bords. « Les contacts, dit M. Denys, se séparent difficilement des aimants dans une direction perpendiculaire aux plans d'attraction, mais presque sans effort, quand on les tire obliquement, en les faisant glisser ou tourner sur les plans tangents. » Mais M. Denys se trompe évidemment ; car si l'action du magnétisme permanent est faible parce qu'il s'exerce obliquement ou perpendiculairement, et non parallèlement à l'axe de l'électro-aimant, qui ne voit que l'action de celui-ci, lorsqu'il est traversé par le courant, s'exerçant suivant la même ligne oblique pour ramener le contact ou la palette à sa première position, doit aussi être plus faible que si elle avait lieu suivant une ligne parallèle à son axe? Du reste, j'ai répété l'expérience de M. Denys dans des conditions avantageuses, en supprimant le petit poids qui remplace le ressort de rappel dans ses expériences, et en faisant agir à la fois les quatre pôles de deux électro-aimants droits sur deux petites palettes aimantées, de manière que ces quatre actions étaient conspirantes et que le courant par le changement alternatif de sa direction détruisait tout le magnétisme permanent. Mais malgré ces dispositions, qui auraient dû augmenter la force produite, le résultat de mon expérience, quoique bon, n'est cependant pas tel qu'on puisse recommander l'application de la méthode de M. Denys.

M. Dujardin, de Lille, est l'inventeur d'un autre moyen de produire la force motrice dans les Télégraphes par des courants d'induction développés par un ou plusieurs aimants très-forts. Ces aimants portent des électro-bobines à très-long fil sur leurs pôles, et agissent sur une plaque de fer, qu'on éloigne et rapproche alternativement des pôles ou qui tourne devant ceux-ci avec une très-grande vitesse. Le courant passe dans un seul électro-aimant devant lequel est suspendu un aimant qui est attiré lorsque le courant est dirigé dans un sens et repoussé quand il suit une direction contraire dans l'électro-aimant ; de sorte que, si ces alternatives se répètent très-rapidement, l'aimant devrait, d'après M. Dujardin, osciller avec une très-grande vitesse, et s'il est convenablement disposé à cet effet, faire marcher l'aiguille d'un récepteur ou faire écrire un levier-plume dans le système de Morse.

Ce système est, sans contredit, mauvais et inacceptable ; voici pour quelles raisons. On peut bien employer comme force motrice dans les Télégraphes l'action des courants temporaires d'induction ; je m'en suis servi moi-même très-fréquemment dans mes recher-

ches, et M. Dujardin a fait, à mon avis, une fort belle expérience, en transmettant des dépêches de Lille à Paris, à l'aide d'un courant magnéto-électrique développé par un seul aimant dans deux bobines et ensuite dans une seule. Mais afin d'éviter l'emploi du ressort de rappel, M. Dujardin propose (1) de placer auprès des pôles d'un électro-aimant, au lieu d'une lame de fer doux, un petit barreau d'acier trempé dur et aimanté à saturation, et de faire passer dans les bobines des courants dirigés alternativement en sens contraire. « Lorsque le courant, dit-il, parcourt les bobines dans un sens, le barreau aimanté se précipite vers l'électro-aimant, et lorsque le courant les parcourt en sens contraire, le barreau aimanté s'éloigne. » L'idée de supprimer le ressort de rappel ou de faire cesser ses inconvénients par un moyen quelconque doit se présenter infailliblement à l'esprit de quiconque a vu fonctionner un récepteur avec ressort, et qui a été témoin des variations sensibles en plus ou en moins qu'éprouve la pile. Pour ma part, j'ai eu longtemps cette idée avant d'avoir trouvé le moyen de remplacer le ressort.

Mais la méthode proposée par M. Dujardin est impraticable. J'ose affirmer que le remède augmente le mal qu'il s'agit de supprimer. En effet, dans l'ancien système on peut au moins transmettre des signaux, tandis que dans celui de M. Dujardin on ne le peut guère que dans certains cas spéciaux, et même alors cela ne se peut qu'au dépens de la vitesse de communication.

L'attraction et la répulsion ne sont jamais dans le système proposé, simultanées, conspirantes et solidaires; avantages que M. Dujardin se fût procuré, s'il eût suspendu l'aimant verticalement entre les deux pôles d'un aimant temporaire vertical ou horizontal. La puissance motrice eût été moins grande que dans le cas d'un aimant placé entre deux électro-aimants, mais l'appareil eût fonctionné régulièrement et mieux que l'ancien système.

MM. Breguet et Gonon ont démontré par l'expérience (*Comptes-rendus*, vol. 25), que le moyen proposé par M. Dujardin est mauvais, excepté dans le cas où l'on emploie de forts courants. Je l'ai soumis de mon côté à des épreuves variées, et j'ai reconnu qu'il ne vaut rien, quelles que soient la force ou la faiblesse des courants employés. Si l'électro-aimant est fort et que la palette soit comparativement faible, il change les pôles de cette dernière, en

(1) Comptes-rendus, vol. 23, p. 835.

développe d'autres et l'attire toujours, comme le fait un aimant fort relativement à un aimant faible. Si, au contraire, la palette est forte par rapport à l'électro-aimant, elle développe du magnétisme naturel dans celui-ci, et en est attirée dans les cas où elle devrait être repoussée. L'appareil peut marcher quand il y a un certain rapport entre la force de l'aimant et celle de l'électro-aimant; mais dans ce cas même, sa marche est lente et pénible, lorsqu'on la compare à celle d'un appareil semblable, où la palette oscille sous l'influence de l'attraction et des répulsions combinées et conspirantes de deux électro-aimants.

J'ai notablement amélioré la méthode de M. Dujardin, en plaçant une plaque de fer doux d'un côté de la palette et un électro-aimant de l'autre. L'influence de cette plaque sur l'aimant est très-grande : celui-ci y décompose du magnétisme naturel et est attiré par elle; mais il est attiré en même temps avec plus d'énergie en sens contraire par l'électro-aimant traversé par un courant; par suite, il se déplace du côté de celui-ci. Mais lorsque le courant change de direction, il est repoussé par l'électro-aimant, et en même temps attiré par la palette; et c'est à l'aide de cette attraction que son mouvement se produit avec facilité et promptitude. De plus, placé entre un électro-aimant et une palette de fer l'aimant agit sur tous deux à la fois; il a moins de tendance à se porter du côté du premier et son magnétisme se conserve bien et longtemps.

Faute d'avoir placé l'aimant entre deux électro-aimants, comme je le fais, ou du moins entre un électro-aimant et une palette de fer, ainsi que je viens de le dire, M. Dujardin a été obligé de renoncer à écrire des dépêches avec des lignes et des points, comme on le fait dans le système de M. Morse. Il a dû se borner à écrire avec des points et des groupes de points; il en convient lui-même dans sa brochure. S'il s'était servi de l'un des deux moyens indiqués ci-dessus, et surtout du premier, il aurait pu écrire, à l'aide de l'action des courants temporaires, des lignes, des points et laisser des intervalles blancs entre eux, ainsi que je l'ai fait tant de fois au moyen des courants développés par un aimant artificiel.

Aux longs développements qu'on vient de lire, je crois intéressant d'ajouter plusieurs séries d'expériences, que j'ai faites avec une pile de *Daniell* dans le cabinet de Télégraphie de M. Breguet et conjointement avec lui.

Première Série [1].

N° D'ORDRE.	NOMBRE des éléments.	RÉSISTANCE ou longueur des lignes parcourues en kilomètres.	RÉSISTANCE de chaque électro bobine en kilomètres.	VITESSE par seconde.	MARCHE.	DÉVIATION de la Boussole.
1	10 faibl.	0	91	plus d'1 tour par 1″	très-bonne.	7° 1/2
2	10	50	»	»	»	6° 3/4
3	5	0	»	»	»	4°
4	5	50	»	moins d'1 t. par 1″	moins bonne	3°
5	10	150	»	plus d'1 t. par 1″	bonne.	6°
6	10	300	»	1 t. par 1″	»	4°,30′
7	10	500	»	1 t. par 1″	»	3°
8	16	0	»	1 t. en 0″,45	très-bonne.	12°,45′
9	16	50	»	1 t. en 0″,45	»	11°
10	16	150	»	1 t. en 0″,50	»	8°,30′
11	16	500	»	1 t. en 0″,50	Bonne.	6°,30′
12	16	500	»	1 t. en 0″,62	»	5°,30
13	22	1000 à 1200	»	1 t. en 0″,50	»	3°,30′
14	16	1000 à 1200	»	1 t. en 1″	faible.	2°,45

Deuxième Série.

1	16	1250	»	1 t. en 1″,25	douce	
2	16	900	»	1 t. en 0″,83	bonne	
3	22	1250	»	1 t. en 0″,83	»	
4	22	900	»	1 t. en 0″,55	»	
5	22	925	»	1 t. en 0″,55	»	
6	16	625	»	1 t. en 0″,40	»	

(1) Les résultats de cette première série ont été obtenus dans des conditions où les meilleurs appareils de Breguet ne font le même nombre de tours qu'à la condition que la boussole marque 15 à 20 degrés.

Troisième Série.

N° D'ORDRE.	NOMBRE des éléments.	RÉSISTANCE ou longueur des lignes parcourues en kilomètres.	RÉSISTANCE de chaque électro-bobine en kilomètres.	VITESSE par seconde.	MARCHE.	DÉVIATION de la Boussole.
1	16	50	50	1 t. en 0″,40	fort bonne.	16°,25′
2	»	100	»	1 t. en 0″,40	»	14°,45′
3	»	230	»	1 t. en 0″,50	»	10°,10′
4	»	505	»	1 t. en 0″,80	»	5°,7′0
5	»	630	»	1 t. en 1″,25	bonne.	4°,8′0
6	10	100	»	1 t. en 0″,50	très-bonne.	10°,35′
7	»	230	»	1 t. en 0″,71	bonne.	6°,55′
8	5	100	»	1 t. en 0″,25	»	5°,35
9	22	1100	»	1 t. en 1″,43	trop faible.	3°

Quatrième Série.

1	22	150	11000 t. de fil du n° 28.		fort bonne.	11°
2	16	»	»		»	8°
3	10	»	»		bonne	5°
4	5	»	»		insuffisante.	»
5	28	»	»		supérieure.	15°
6	34	»	»		»	16° 1/2
7	40	»	»		»	18°
8	46	»	»		»	21°
9	10	350	»		insuffisante.	3° 1/2
10	16	»	»		suffisante.	5°
11	22	»	»	1 t. en 1″	très-bonne.	7° 1/2
12	28	»	»		»	10°
13	40	»	»		supérieure.	12°
14	10	450	»		insuffisante.	3°
15	16	»	»		suffisante.	4° 1/2
16	22	»	»	1 t. en 1″,50	bonne.	6°
17	28	»	»	1 t. en 0″,75	très-bonne.	8°,45′
18	34	»	»	1 t. en 0,50	supérieure.	9°,30′

Cinquième Série.

N° D'ORDRE.	NOMBRE des éléments de la pile Bunsen.	RÉSISTANCE ou longueur des lignes parcourues en kilomètres.	RÉSISTANCE de chaque électro-bobine en kilomètres.	VITESSE par seconde.	MARCHE.
1	29 faibles.	234 et 1 parcours égal par la terre.	91	1 t. en 0″,50	très-bonne.
2	20	»	»	»	»
3	15	»	»	1 t. en 1″	»
4	10	»	»	»	fort bonne.
5	7	»	»	1 t. en 1″,75	un peu trop faible
6	8	»	»	»	beaucoup trop faible.
7	29	468	»	1 t. en 0″,50	très-bonne.
8	15	»	»	»	»
9	10	»	»	1 t. en 1″	fort bonne.
10	7	»	»	1 t. en 1″,75	un peu trop faible.
11	5	»	»	»	beaucoup trop faible.

Les expériences qui précèdent ont été faites en commun avec M. Breguet, qui a bien voulu mettre à ma disposition tout ce qu'il fallait pour essayer mes appareils, après les avoir construits sur mes indications. Ces expériences donnent lieu à plusieurs observations intéressantes :

1° On emploie généralement sur les lignes télégraphiques du fil de fer de 4 millimètres de diamètre, et l'on représente les fils en cuivre des électro-bobines par des longueurs de fil de fer de ce diamètre, qui leur sont équivalentes. Ces deux fils diminuent considérablement l'intensité du courant qui les parcourt, et cela en raison de leur longueur ; mais si ce courant conserve encore assez d'énergie pour imprimer, par suite du magnétisme qu'il développe dans le fer de l'électro-aimant, un mouvement rapide à l'aiguille du récepteur d'un Télégraphe, on est certain qu'un courant d'une intensité égale suffit, abstraction faite de toute perte qu'il peut éprouver, pour transmettre avec le même appareil, des dépêches

entre deux villes distantes d'un nombre de kilomètres égal à la longueur parcourue par le premier courant. On est également certain que ce même courant suffit aussi dans la pratique pour parler à la distance indiquée, si l'on a seulement le soin d'en augmenter l'intensité en raison de l'affaiblissement que lui font éprouver diverses causes locales, telles que des déviations, une communication défectueuse établie avec la terre, des contacts imparfaits, l'influence de l'électricité atmosphérique, etc. Or, ces diverses influences nuisibles pouvant être, pour la plupart, en très-grande partie évitées, et étant d'ailleurs entièrement indépendantes de la construction de l'appareil, il est vrai de dire que s'il fonctionne bien dans un cabinet, il fonctionnera également bien sur les lignes; et que, par conséquent, nos expériences ont, dans la réalité, le même caractère d'utilité pratique que si elles avaient été faites sur de grandes lignes.

2° Nous nous sommes servis d'une pile de *Daniell* faible et déjà longtemps en service pour faire les expériences des quatre premières séries, et d'une vieille pile de *Bunsen* montée avec de l'eau et de l'acide sulfurique, sans acide nitrique, pour celles de la dernière.

3° Les résultats de la première série ont été obtenus, comme on l'a vu plus haut, dans des conditions où les appareils de M. Breguet les mieux faits n'exécutaient le même nombre de tours qu'à la condition que la boussole marquat 15 à 20 degrés, ce qui fait ressortir avec évidence le grand avantage du nouveau système sur l'ancien; avantage qui est également démontré par les expériences des autres séries, que nous avons pris le soin de répéter dans les deux systèmes en consultant la boussole. Nous avons, en outre, constamment remarqué que malgré les variations si différentes de l'intensité des courants employés, aucun réglage du récepteur n'était jamais nécessaire.

4° En comparant dans la seconde colonne les grandes distances parcourues par le courant avec le petit nombre des éléments, qui l'ont produit, on est surpris des résultats obtenus. Ceci dépend d'abord de la bonté du système, mais en même temps de ce que le récepteur est construit avec un mouvement d'horlogerie, proposé en premier lieu par M. Wheatstone, mais amélioré et exécuté avec une précision parfaite par M. Breguet. (Voir paragraphe XIII).

5° Quand on met en parallèle plusieurs expériences, soit de la

même série, soit de séries différentes, on remarque que la déviation de la boussole peut être la même, ou à-peu-près, et que cependant la marche de l'appareil est loin de l'être. C'est que le courant, provenant du plus grand nombre des éléments, et ayant déjà surmonté de plus grandes résistances, imprime plus de vitesse à l'appareil. Il perd en quantité, par les résistances qu'il doit vaincre, mais il acquiert une plus grande tension, devient plus propre à surmonter de nouvelles résistances, et agit avec plus d'énergie sur le fer de l'électro-aimant. C'est M. Breguet qui m'a fait faire cette remarque. Il ressort aussi de nos expériences qu'avec un courant produit par ce même nombre d'éléments on peut parler à des distances diverses, avec des vitesses peu différentes, si le courant a beaucoup d'intensité. Par exemple, à l'aide d'un courant de 16 éléments, on parle à une distance de 100 kilomètres avec une vitesse de 2 $^1/_2$ tours par seconde, et à une distance de 250 kilomètres avec une vitesse de 2 tours par seconde, les lignes étant supposées en très-bon état.

6° Les expériences de la dernière série ont été faites de deux manières différentes sur la ligne de Paris à Bourges, et par conséquent sur une distance de 254 kilomètres, en présence de M. Alexandre, administrateur des Télégraphes, et de M. Breguet : 1° Le courant a passé par le fil de la ligne de Paris à Bourges, puis est revenu par la terre à Paris, et réciproquement. On a varié le nombre des éléments de 20, 20, 15, 10, 7 et 5. 2° on a conduit le même courant par le fil de Paris à Bourges et par un second fil de Bourges à Paris; c'est-à-dire par un fil d'une longueur double, et par conséquent, par une résistance double, puisque celle que la terre oppose est à-peu-près ou même tout-à-fait nulle. Or, malgré la résistance double, on a conservé la même pile, et l'on a varié le nombredes éléments dans le même ordre que dans la première expérience. Le récepteur marchait néanmoins parfaitement bien. (Voir la 5^{me} série).

V.

Accroissement de sensibilité dans les Télégraphes à aiguille astatique.

M. Wheatstone est l'inventeur du Télégraphe à aiguille astatique ; il en a construit avec une seule et avec deux aiguilles. Celui à une seule aiguille est composé d'un multiplicateur à long fil M (Pl. V, Fig. 1) avec une aiguille composée ns N $n's'$ mobile autour de l'axe horizontal xz ; d'une manivelle A adaptée à l'axe en acier V muni d'une pièce en laiton échancrée m N n, d'un fort ressort en acier R passant dans l'entaille m N n, d'une plaque en laiton L, de deux ressorts en laiton PP′ et QQ′, fixés à une pièce en bois BB′, tous deux en contact intime avec la lame L.

Le multiplicateur est fixé verticalement dans une caisse en bois, dont la face antérieure porte un cadran en cuivre argenté, sur lequel sont gravés les signes adoptés pour les dépêches et se trouvent deux supports en ivoire c et d placés de part et d'autre de l'aiguille extérieure $n's'$, tandis que vis-à-vis de l'aiguille de la face opposée $n''s''$, au fond de la caisse, sont fixés deux électro-aimants EE′, l'un près du pôle austral, l'autre près du pôle boréal, à une distance de 8 à 10 millimètres, distance que l'on détermine par l'expérience et que l'on peut varier à volonté.

Le courant passe de la pile k dans la vis à pression a, puis par le fil aaa dans l'axe V, où il est arrêté. Mais si l'on tourne la manivelle A vers la gauche, il suivra Nm en contact avec PP′, puis le fil fo, parcourra le multiplicateur et les deux électro-aimants, en sortira au point o', traversera le fil $o'f'a'$, puis le fil de la ligne, parcourra le multiplicateur et les deux électro-aimants du récepteur à la seconde station, et reviendra par la terre, ensuite par le fil $b'e'$ dans le ressort en laiton qq', passera par la lame L dans le fil bb pour retourner à la pile, et fera en même temps frapper l'aiguille $n's'$ contre le pivot d. Lorsqu'on veut interrompre le courant, on retire la main, et aussitôt le ressort R ramène la manivelle dans sa position initiale.

Quand on incline la manivelle de la droite vers la gauche, le courant passe de l'axe V par Nn dans le ressort qq', puis par le fil $c'b'$, et par la terre dans le multiplicateur et les électro-aimants du récepteur à la seconde station; il revient par le fil $a'f'o'$, par le

multiplicateur et les électro-aimants, passe ensuite par le fil $o'f'$, par le ressort PP′, par la lame L, retourne dans la pile, et l'aiguille $n's'$ frappe en même temps contre le support c.

On comprend qu'on peut faire dévier l'aiguille un nombre quelconque de fois vers la droite, puis vers la gauche, soit en alternant, soit d'une manière consécutive. On représente la déviation vers la gauche par l, celle vers la droite par r, et si l'aiguille ne touche pas le support, elle est censée ne pas avoir dévié. Il est maintenant facile de comprendre comment, par les diverses combinaisons possibles des déviations de l'aiguille on forme l'alphabet; par exemple, un mouvement vers la droite signifie *e*; un mouvement vers la gauche signifie *i*; *rlr* signifient *a*; *rrl* signifient *k*; *rr* signifient *r*, etc.

Lorsqu'on reçoit des dépêches, la manivelle A est au repos, le courant de la pile k est rompu, mais celui de la station qui parle, vient par le fil de la ligne en a', parcourt successivement les deux électro-aimants, et le multiplicateur arrive en $aafo$, passe par PP′LQ′Q et retourne par b' et la terre dans la pile de la seconde station. Si, à cette station on change la direction du courant, il vient par la terre en b', passe par QQ′LP′P, traverse ofa, puis le multiplicateur et les électro-aimants et retourne par a' et le fil de la ligne dans la pile de la seconde station.

Les récepteurs, comme on le voit, fonctionnent à la fois aux deux stations : celui de la première station sert à transmettre et l'autre à indiquer les signaux. On conçoit sans peine que c'est une affaire de convention de représenter une lettre par tels mouvements de l'aiguille plutôt que par tels autres. Par exemple, on peut désigner *a* par *rr* et *f* par *rlr*, ou bien faire l'inverse. Mais il convient de représenter de préférence par le plus petit nombre de mouvements les lettres qui se rencontrent le plus fréquemment. Voici l'alphabet à une et à deux aiguilles adopté en Belgique.

ALPHABET A UNE AIGUILLE.

+ = *l*	k = *lrl*	t = *rrrl*
a = *ll*	l = *lrlr*	u = *rll*
b = *lll*	m = *r*	v = *rrrl*
c = *llll*	n = *rr*	w = *rll*
d = *lr*	o = *rrr*	y = *rlr*
f = *llllr*	p = *rrrr*	x = *lrlr*
g = *lrr*	q = *lrl*	z = *rrl*
h = *llrr*	r = *rl*	
i = *rrr*	s = *rrl*	

ALPHABET A DEUX AIGUILLES.

AIGUILLE A GAUCHE.		AIGUILLE A DROITE.		MOUVEMENTS PARALLÈLES ET SIMULTANÉS (1).		
+ = *l*	d = *lr*	h = *l*	m = *lr*	r = *l*	u = *rl*	x = *rr*
a = *ll*	e = *r*	i = *ll*	n = *r*	s = *ll*	v = *lr*	y = *rrr*
b = *lll*	f = *rr*	k = *lll*	o = *rr*	t = *lll*	w = *r*	z = s
c = *rl*	g = *rrr*	l = *rl*	p = *rrr*			

ALPHABET POUR LES CHIFFRES.

1 = c	6 = m
2 = d	7 = n
3 = e	8 = r
4 = h	9 = u
5 = l	0 = v.

La lettre *z* est omise et remplacée par la lettre *s*, *q* est omis et remplacé par *k*. Les chiffres sont représentés par les mêmes mouvements que les lettres. Le passage des lettres aux chiffres, s'indique par les signes *h* et + qui sont répétés par la personne qui reçoit, afin de faire connaître qu'elle a compris. Lorsque le Télégraphiste veut repasser des chiffres aux lettres, il donne les signes *m* et +, qui sont répétés à l'autre station.

La personne qui reçoit transmet après chaque mot reçu la lettre *e*, quand elle a compris, et le signe + si elle n'a pas compris ; et alors le même mot est répété par celui qui transmet. Par les lettres *r* et *w* on indique « *Attends* » et « *Va plus loin.* »

Le Télégraphe représenté, Fig. 5, PLV, diffère à plusieurs égards de celui de M. Wheatstone : Le ressort R ramène la clef A instantanément à sa position de repos, dès que la main cesse de la déplacer : il en résulte que le courant est subitement interrompu et qu'il ne peut être rétabli par des causes accidentelles.

(1) Les lettres sont indiquées par les parties inférieures des aiguilles suspendues au-dessus de leurs centres de gravité; *l* indique le mouvement vers la gauche, et *r* le mouvement vers la droite.

Les deux petits ressorts r et r' en contact avec la plaque L frottent un peu contre P' et Q', lorsque ceux-ci reviennent à leur position initiale, et par là le contact métallique nécessaire pour le passage du courant est accru et assuré.

J'ai introduit dans la construction de mon appareil deux perfectionnements, qui en augmentent considérablement la force motrice, en la doublant et la triplant même, s'ils sont convenablement disposés.

Le premier consiste à employer trois aiguilles aimantées au lieu de deux, comme le fait M. Wheatstone. Deux d'entre elles forment un système compensé et ont un centimètre de largeur et environ 10 de longueur. La troisième, adaptée à l'axe devant le cadran, sert d'indicateur des signaux; elle est moins large que les autres, et est rapprochée autant que possible du multiplicateur.

Le second perfectionnement, beaucoup plus important que le premier, consiste dans l'emploi simultané d'un multiplicateur et de deux électro-aimants placés, l'un près du pôle austral, et l'autre près du pôle boréal de l'aiguille, à la face postérieure du multiplicateur, de telle façon que leurs actions soient toujours simultanées et conspirantes. C'est surtout l'influence de ces électro-aimants placés à la distance de 10 millimètres de l'aiguille, comme nous le verrons, qui produit l'accroissement notable de force motrice de mon appareil.

Ces deux moyens, je les indique comme des perfectionnements importants dans une demande de brevet, en date du 14 janvier 1851; et dans ma lettre cachetée, en date du 1er octobre 1850, adressée à l'Académie de Bruxelles, je recommande, pour la construction des Télégraphes à aiguilles, l'emploi de deux électro-aimants conjointement avec un multiplicateur à aiguille astatique. Dans cette lettre, j'apporte à l'appui plusieurs expériences, dont je me bornerai à citer les deux suivantes :

1° Je construis un multiplicateur vertical avec un fil de cuivre de 80 mètres et une aiguille astatique lestée par en bas, et je conduis par l'appareil un courant d'un élément de la pile *Daniell;* la déviation de l'aiguille observée est de 150. Je partage ensuite le fil en deux parties égales, en en laissant 40 mètres sur le multiplicateur et enroulant les 40 autres sur un fer recourbé; je place celui-ci à 25 millimètres de distance devant l'un des pôles de l'aiguille extérieure, en faisant passer en même temps le courant du même élément à la fois par le multiplicateur et par l'électro-aimant.

La déviation observée est cette fois de 45° ; par conséquent les 40 mètres de fil animés par le même courant constant produisent, en agissant comme simple multiplicateur, un effet trois fois plus petit que s'ils agissent par l'influence du magnétisme qu'ils développent dans le fer, et cette différence d'action serait bien plus grande encore, si l'électro-aimant était placé non à 23, mais à 10 ou 12 millimètres de l'aiguille.

2° Je fais passer un courant électrique d'un seul élément *Daniell* par le multiplicateur de 70 mètres de fil d'un petit Télégraphe qui me sers dans mes recherches, en affaiblissant le courant, à l'aide d'un rhéostat, au point que l'aiguille cesse de dévier. Puis j'enlève 30 de ces 70 mètres de fil, et j'en construis un électro-aimant que je place à 10 millimètres de distance devant l'aiguille du multiplicateur. Aussitôt que le courant de la même pile traverse ce dernier et l'électro-aimant, l'aiguille commence à osciller rapidement et frappe les supports à gauche et à droite assez vivement pour pouvoir servir à transmettre des communications. On se procure une force motrice plus grande encore si l'on divise le fil du multiplicateur en trois parties, dont l'une est employée à construire un multiplicateur et les deux autres deux électro-aimants, en plaçant chacun de ceux-ci près de l'un des pôles de l'aiguille fixée à la face postérieure du multiplicateur.

L'utilité de l'emploi des électro-aimants étant constatée, il se présente trois questions à examiner :

1° A quelle distance de l'aiguille convient-il de les placer?

2° Entre quelles limites peut-on varier l'intensité ou la force du courant pour la transmission des communications, sans être obligé de changer la distance des électro-aimants par rapport à l'aiguille?

3° Quel est l'accroissement de force motrice qu'on se procure, en employant simultanément dans la construction des Télégraphes à aiguilles un multiplicateur et deux électro-aimants?

En effet, il est certain que l'action oblique des électro-aimants sur l'aiguille varie avec leur distance, l'écartement de leurs pôles et l'intensité du courant qu'on emploie. S'ils sont très-éloignés de l'aiguille, leur action sera ou nulle ou minime. Si, au contraire, ils en sont très-près, alors il se peut que le circuit du courant étant interrompu, le magnétisme permanent et l'influence de l'aiguille sur le fer empêchent celle-ci de retourner à sa position initiale. Enfin le magnétisme permanent étant proportionnel à l'inten-

sité du courant employé, l'aiguille pourra bien se mouvoir librement, lorsque le courant interrompu aura une certaine intensité *b*, tandis qu'elle cesserait de le faire, si l'intensité était beaucoup plus forte.

Voici maintenant comment j'ai constaté l'influence de la troisième aiguille et résolu les trois questions ci-dessus.

Je me sers d'une pile *Daniell* de 6 éléments, d'un transmetteur des signaux dont le multiplicateur à 3 aiguilles porte 600 mètres de fil, et de deux électro-aimants recourbés de 6 centimètres de longueur, revêtus chacun de 400 mètres de fil et ayant leurs pôles distants de 4 centimètres. Les électro-aimants sont disposés de manière que, leur fil étant réuni à celui du multiplicateur, ils agissent simultanément avec lui pour faire dévier les aiguilles dans le même sens, et qu'on peut les enlever et faire agir le multiplicateur seul.

1° Pour reconnaître si la troisième aiguille contribue au mouvement de l'appareil, je l'enlève d'abord en la remplaçant par une autre en cuivre; je retire les électro-aimants et je conduis le courant par le multiplicateur seul en l'affaiblissant assez à l'aide de bobines de résistance, pour qu'en opérant avec le manipulateur, l'aiguille en cuivre n'exécute que des oscillations courtes, sans frapper contre les supports; j'observe le nombre de ces dernières qui ont lieu par minute. Ensuite je répète la même expérience après avoir substitué la troisième aiguille en cuivre à celle-ci. La comparaison des mouvements de l'aiguille dans les deux expériences fait voir que cette aiguille exerce une influence prononcée sur la marche de l'appareil.

2° Afin de savoir à quelle distance il convient de placer les électro-aimants relativement à l'aiguille, je supprime la communication entre eux et le multiplicateur, et les éloigne de celui-ci jusqu'à la distance de 6 centimètres; je fais alors passer par leur fil le courant de 6 éléments, en rapprochant peu à peu du multiplicateur le montant sur lequel les électro-aimants sont solidement fixés. Lorsqu'ils sont à 4 centimètres de l'aiguille, l'appareil donne à peine quelques signes de mouvements; mais il devient de plus en plus sensible lorsque la distance continue de décroître; dès qu'elle n'est plus que de 6, 5 ou 4 millimètres, l'aiguille ne se meut plus librement et finit par ne plus retourner à sa position verticale après l'interruption du courant. Dans toutes mes expériences, j'ai reconnu que pour être certain que les aiguilles du multiplicateur obéiront

librement et promptement au poids par lequel elles sont lestées, il faut éloigner les électro-aimants à 1 centimètre de l'aiguille. A cette distance on ne peut plus reconnaître d'action sensible de cette dernière sur le fer des électro-aimants, et le magnétisme remanent, dû à l'influence du courant qui a parcouru la ligne de communication, n'est pas assez énergique pour troubler le mouvement des aiguilles. J'ai transmis des signaux à la distance de 236 kilomètres en réduisant successivement le parcours à 216, 162, 108, 54, 0; et néanmoins l'appareil fonctionnait parfaitement, malgré l'accroissement de l'intensité du courant, qui augmentait en raison de la diminution de la résistance ou de la longueur parcourue, abstraction faite de la très-petite résistance de la pile. Dans une autre expérience, j'ai choisi la distance entre deux stations pour transmettre des signes avec sûreté au moyen d'une pile de deux éléments, puis j'ai doublé, triplé la pile sans avoir à changer la distance des électro-aimants.

En résumé, ces expériences démontrent qu'il convient de placer les électro-aimants à la distance d'un centimètre de l'aiguille, et qu'alors on peut doubler, tripler la force du courant sans que le mouvement des aiguilles soit troublé en aucune façon. Or, dans la pratique ce cas ne se présente jamais, du moins dans les circonstances ordinaires. On emploie toujours des courants plus intenses, mais non pas trois ou quatre fois plus énergiques qu'il ne le faut. Le courant dont on se sert diminue toujours avec le temps, et dans ce cas l'appareil n'a jamais besoin de réglage. Mais quand, au contraire, dans un cas exceptionnel, par suite de l'influence d'une cause extraordinaire, par exemple, de la foudre, l'intensité du courant serait triplée, il n'y aurait pas encore besoin de toucher aux électro-aimants : et dans le cas où cela deviendrait nécessaire, on remédierait au mal en tournant le bouton d'une petite vis qui fait mouvoir les électro-aimants à la volonté de l'expérimentateur.

3° Quant à l'accroissement de force motrice produit par l'emploi simultané de deux électro-aimants et d'un multiplicateur à 3 aiguilles, elle est deux fois plus grande que celle qu'on obtient avec le même courant lorsqu'on se sert d'un multiplicateur composé d'autant de fil qu'en contiennent le multiplicateur et les électro-aimants du nouveau système. Pour démontrer ceci, j'ai fait plusieurs expériences, parmi lesquelles je me contenterai de rapporter les suivantes :

1°) Je construis un galvanomètre avec 150 mètres de fil, et un

électro-aimant avec 30 mètres du même fil ; je conduis un courant, d'abord dans le multiplicateur, puis dans l'électro-aimant que je place à 6 millimètres devant l'aiguille ; la déviation de l'aiguille est la même dans les deux cas. Par conséquent le même courant produit par le magnétisme qu'il développe en parcourant 30 mètres de fil, a autant d'effet qu'en agissant directement dans le fil 5 fois plus long du multiplicateur.

2°) Je fais un multiplicateur à une aiguille avec 200 mètres de fil divisé en quatre parties égales, formant autant de couches parallèles et superposées : lorsque le courant traverse la couche la plus voisine de l'aiguille, la déviation de celle-ci est de 56° tandis qu'elle n'est que de 26°, s'il parcourt la couche extérieure. Ceci prouve, comme le démontre aussi la théorie, que l'action d'un courant diminue en raison inverse de la distance du fil au centre de l'aiguille.

3°) Dans toutes mes expériences, et je les fais avec une pile *Daniell* de 6 éléments faibles, le multiplicateur et les électro-aimants étant disposés comme on l'a vu plus haut, je conduis successivement le courant : 1° par le multiplicateur seul ; 2° par le multiplicateur et par l'un des électro-aimants ; 3° par le multiplicateur et les deux électro-aimants à la fois ; 4° par les deux électro-aimants seuls. Dans le premier cas, le manipulateur fonctionne bien et transmet nettement des signes à la distance de 54 kilomètres. Dans le second, sa marche est bonne et suffit à des distances de 108 et de 162 kilomètres, c'est-à-dire à des distances deux et trois fois plus grandes que la première. Dans le troisième cas, la marche de l'appareil est au moins aussi assurée, pour donner des signaux à 216 kilomètres, qu'elle l'est dans le premier cas. D'après ces résultats, la force motrice dans le troisième cas est à celle qui agit dans le premier comme 4 est à 1. Le calcul basé sur les lois de résistance donne $B^3,29$ pour ce rapport.

Enfin 4°) lorsqu'on supprime le multiplicateur, les électro-aimants seuls suffisent pour transmettre des signaux à 162 kilomètres de distance, c'est-à-dire à une distance trois fois plus grande que celle à laquelle on peut parler à l'aide du multiplicateur seul.

Il résulte donc des trois premières expériences que l'influence des électro-aimants sur la marche de l'appareil est trois et même quatre fois aussi grande que celle du multiplicateur. La quatrième confirme la conséquence déduite des trois premières, et prouve en même temps qu'avec deux électro-aimants seuls on peut construire

un Télégraphe à aiguille astatique plus sensible qu'avec un multiplicateur fait avec autant de fil qu'il y en a sur les électro-aimants en question.

Toutefois, le rapport ci-dessus entre les forces motrices dans le nouveau et l'ancien système n'est pas applicable au multiplicateur à deux aiguilles, qui, lui seul, a autant de fil qu'en ont le multiplicateur à trois aiguilles et les deux électro-aimants réunis. Et cependant ce sont les effets de ces deux derniers appareils qu'il faut comparer entre eux. En faisant les expériences qui m'ont donné le rapport indiqué plus haut, je n'avais à ma disposition qu'un manipulateur à trois aiguilles, avec 600 mètres de fil qui équivalent à 384 mètres de fil de $^1/_5$ de millimètre de diamètre. Afin de comparer les deux systèmes l'un à l'autre, d'une manière rigoureuse, j'ai construit un manipulateur à trois aiguilles, avec 896 mètres de fil qui sont équivalents à 1400 mètres de fil de $^1/_4$ de millimètre d'épaisseur. Les 896 mètres ont été divisés en trois parties : l'une de 384 mètres, les deux autres chacune de 296. Le même instrument représente donc à la fois un transmetteur de 384 mètres de fil de $^1/_5$ ou de 640 mètres de $^1/_4$ millimètre de diamètre, ou enfin un transmetteur de 640 mètres ou de 896 mètres, qui équivalent à 1400 mètres de fil de $^1/_4$ millimètre de diamètre. J'ai comparé la marche du manipulateur à trois aiguilles avec 384 mètres de fil à celle du même appareil, puis avec 896 mètres ; or, la marche de ce dernier, lorsque le même courant traverse une bobine de résistance de 165 kilomètres est, autant que je puis m'en assurer, la même que celle de l'autre, quand le courant passe par une bobine de résistance de 110 kilomètres; donc, les forces devant être proportionnelles aux résistances vaincues, sont dans le rapport 3:2. De là il résulte, que le courant qui, dans notre première expérience, a pu vaincre une résistance de 54 kilomètres et faire marcher convenablement le manipulateur, lorsqu'il passait par un multiplicateur de 600 mètres, aurait pu faire marcher l'appareil aussi bien et surmonter en même temps une résistance de 81 kilomètres, si le multiplicateur de l'appareil avait eu 1400 mètres de fil. Mais alors nous aurions eu à comparer 81 et non pas 54 à 162 et à 216, et le rapport n'eût pas été 3 et 4, mais seulement 2 et 2,52.

De même, le rapport de l'action de deux électro-aimants avec 512 mètres de fil sur le multiplicateur à celle d'un multiplicateur avec 900 mètres du même fil, ne serait pas 2, mais un peu plus

que 1. En répétant mes expériences avec le nouveau manipulateur, dans des conditions variées avec la même pile de 6 éléments, j'ai trouvé :

1° Qu'avec un multiplicateur à 3 aiguilles et 384 mètres de fil de $^1/_5$ le manipulateur fonctionne bien sur des parcours moindres que 105 kilomètres, mais qu'à cette distance sa marche n'est plus suffisante, tandis qu'elle est encore bonne lorsque le multiplicateur a 900 mètres de fil.

2° Que la marche du manipulateur construit avec deux électro-aimants de 512 mètres de fil est un peu meilleure que celle d'un transmetteur avec multiplicateur à 3 aiguilles, de 700 mètres de fil sans électro-aimants.

3° Que la puissance motrice d'un Télégraphe avec deux électro-aimants revêtus de 512 mètres de fil et un multiplicateur à 3 aiguilles avec 700 mètres de fil, est pour le moins le double de celle qu'à le même multiplicateur à 2 aiguilles, et ce rapport croit lorsque pour de très-longs parcours on doit employer plusieurs mille mètres de fil. Dans ce cas les couches extérieures du multiplicateur produiraient très-peu d'action, tandis que le fil dont elles seraient formées, enroulé sur les électro-aimants, produirait des effets beaucoup plus sensibles.

En résumé, nous pouvons déduire de nos recherches les conséquences suivantes, utiles pour la pratique :

1° Il est bon de construire le multiplicateur des Télégraphes avec trois aiguilles ;

2° La puissance motrice d'un Télégraphe avec deux électro-aimants et un multiplicateur à 3 aiguilles, est plus du double de celle de l'ancien système, lorsqu'on emploie plus de 1500 mètres de fil ;

3° Enfin, dans la pratique on doit toujours diviser le fil en trois parties à peu près égales, l'une employée à former un multiplicateur, les autres deux électro-aimants, en disposant le tout comme il a été dit plus haut.

VI.

Construction d'un Télégraphe à cadran, dans lequel l'aiguille peut avancer, rétrograder et osciller à la volonté du télégraphiste.

Le Télégraphe que je vais décrire n'est pas destiné à être introduit dans la pratique. Je l'ai construit en 1849, lorsqu'on pouvait à peine transmettre 25 signaux par minute; mon but était d'augmenter la célérité dans la transmission des signaux, en évitant les mouvements inutiles de l'aiguille pour passer d'une bonne lettre à une autre. Je parvins, quoique peu familiarisé alors avec le maniement des appareils télégraphiques, à envoyer 46 lettres par minute, et j'entrevoyais le moyen d'en donner encore d'avantage. Mais aujourd'hui que je puis en transmettre 80 et même davantage dans le même espace de temps, et que l'appareil dont je me sers est à la fois plus simple, plus commode, plus parfait et partant plus sûr que celui que j'employais alors, je me contenterai ici d'indiquer brièvement comment je suis parvenu à réaliser le mouvement de l'aiguille à double effet, direct, rétrograde et oscillatoire.

Je supprime tout mouvement d'horlogerie qui s'oppose au mouvement de l'aiguille des signaux dans deux sens contraires. Au cadran vertical X (Pl. VI, Fig. 1 et 2) on adapte, au moyen de vis, la pièce horizontale en cuivre MM'M'' : par le centre de X et la partie M'' passe l'axe *ab* sur lequel on fixe solidement l'aiguille des signaux et trois roues à rocher Z, Z', Z'' de 26 dents chacune. A l'aide d'une vis V on tend le ressort spiral V', qui presse à volonté la lame d'acier PP' fixée au point M contre l'axe *ab*, et empêche celui-ci de se mouvoir, tout en le laissant libre d'obéir à la force qui tend à le faire tourner de gauche à droite ou de droite à gauche. NN'N'' est une pièce en cuivre fixée au cadran V'' au-dessus des roues Z et Z' et taillée en bizeau formant deux plans inclinés et inverses : *ns* et *n's'* sont deux palettes aimantées ajustées par des vis dans des montants en cuivre; *gh* une tige en fer soudée à *ns* en *g*, portant en *h* un axe horizontal autour duquel se meut l'encliquetage R, qui, en engrenant dans la roue Z, fait avancer l'aiguille du cadran dans un sens; *ca* fil léger en fer, soudé en *c* à *gh*, portant en *a* une aiguille en ivoire *r*, mobile

dans la fente l lorsque la tige gh est en mouvement; (les lettres accentuées $R'g'h'$, etc., ont respectivement la même signification pour la palette $n's'$); d et d' ressorts de rappel de ns et $n's'$; t et t' petites lames d'acier destinées à empêcher R et R' de s'élever plus qu'il ne faut; b' et b'', ε' et ε'' vis empêchant ns et $n's'$ de toucher les électro-aimants; l et l' petites fentes dans le cadran X où les aiguilles en ivoire r et r' exécutent un mouvement de va et vient de 1 vers 2 et de 2 vers 1, pendant que ns et $n's'$, et par suite les tiges gh et $g'h'$, exécutent leurs oscillations entre les électro-aimants A et A', A'' et A'''.

Pour transmetteur je me sers du manipulateur du Télégraphe à aiguilles, en y ajoutant les pièces suivantes : j'adapte solidement sur l'axe V un anneau en ivoire, en fixant à frottement dur sur celui-ci une roue légère en laiton de 13 dents et sur une de ses faces une aiguille en fer. Je dispose devant celle-ci un cadran avec les lettres de l'alphabet sur deux circonférences concentriques, semblables à celui du récepteur (Fig. 2) mais indépendant de l'axe V qui passe par son centre. A la manivelle j'attache un demi-cercle en métal, muni à chaque bout de deux pointes disposées de manière que, la manivelle étant inclinée, ces pointes comprennent entre elles une dent, la poussent, avancent la roue d'une dent à la fois, en l'empêchant d'avancer d'avantage ou de rétrograder, et lorsque la manivelle est ramenée vers sa position initiale, les pointes se dégagent de la roue sans la déplacer. Quand on incline la manivelle vers la gauche, la roue et, par suite, l'aiguille tournent en sens contraire, et les mêmes phénomènes se reproduisent.

Le récepteur est représenté Fig. 2; sur le cadran X on trace deux circonférences concentriques divisées chacune en 13 parties égales, en inscrivant sur l'intérieure le signe + et 12 lettres, et sur l'extérieure les 13 autres. On pratique dans le cadran deux fentes horizontales l et l', dans lesquelles les aiguilles r et r' se meuvent de 1 vers 2 et de 2 vers 1, lorsque les tiges gh et $g'h'$ se déplacent. Mon usage est d'indiquer les lettres sur la circonférence intérieure par l'aiguille V, et celles sur la circonférence extérieure par le mouvement de va de r et r' dans le sens de 1 vers 2, pendant que V reste immobile. Par exemple, si l'aiguille V marche du signe + vers A, en s'y arrêtant un instant, le stationnaire veut écrire la lettre A; mais quand il veut transmettre B, il interrompt le courant aussitôt que V arrive devant A et attend environ un tiers de seconde avant de le rétablir; pendant ce court instant l'ai-

guille r va de 1 vers 2, tandis que V continue de rester devant A ; et par ce mouvement de r le correspondant reconnaît que le stationnaire veut envoyer la lettre B.

Ainsi, par la simple convention de prendre le mouvement de va de r et r' dans le sens de 1 vers 2, comme indicateur des lettres sur la circonférence extérieure, on réalise un système de transmission direct et rétrograde à double effet, qui permet d'envoyer les signaux avec deux fois plus de vitesse que par l'ancien système.

Chaque station doit avoir à la fois un transmetteur ou manipulateur et un récepteur, et la correspondance entre deux stations se fait de la manière suivante :

Pendant que le Télégraphe est en repos, les encliquetages R et R′ reposent tous deux sur les petits plans N′N″ ; mais aussitôt que le stationnaire incline la manivelle du manipulateur, soit vers la gauche, soit vers la droite, l'aiguille de celui-ci passe du signe + à la lettre A, le circuit est établi, le courant traverse le fil de la ligne, puis successivement les quatre électro-aimants du récepteur. Ceux-ci sont disposés de telle sorte que tandis que le courant retourne par la terre à la première station, l'électro-aimant A attire et celui A′ repousse la palette ns, et qu'en même temps A″ attire et A‴ repousse $n's'$. Par suite de ces attractions et répulsions l'un des encliquetages R ou R′ ne peut jamais empêcher ni même gêner le mouvement qui tend à produire l'autre. En effet, R′ glissant sur la roue Z′, monte et est maintenu sur le plan N″ par l'attraction de A″, puis par la répulsion de A‴ sur $n's'$ et enfin par le ressort de rappel d'. Aussitôt et aussi longtemps que R imprime son mouvement à la roue Z et qu'il la fait tourner d'une dent à la fois, l'arrêt de sûreté R″ l'empêche de tourner de plus de cette dent. Réciproquement R passe sur le plan N′ et y est maintenu à son tour ; aussitôt que le courant change de direction, tandis que $n's'$ oscille et déplace la roue Z′ d'une dent par chaque impulsion, l'arrêt de sûreté R‴ l'empêche d'avancer de plus d'une dent.

Le système de Télégraphe que nous venons de décrire peut être simplifié, en ne plaçant qu'un seul électro-aimant près de chaque palette. Si l'on supprime A′ et A‴, et que l'on conduise le courant par les deux autres électro-aimants, A attire ns et A″ $n's'$; et après l'interruption du courant, d ramène ns et d' $n's'$ à sa position initiale. Quand la première exécute ses oscillations, R′

repose constamment sur le plan N″, y étant amené et maintenu par le ressort D′ et la répulsion de A″, et réciproquement.

J'ai reconnu par l'expérience qu'il est préférable de remplacer les deux électro-aimants par deux petites plaques de fer doux : les aimants conservent mieux leur magnétisme et l'influence de leurs pôles sur le fer augmente la force motrice.

On peut encore améliorer ce dernier système, en supprimant le ressort de rappel, et remplaçant chacun des électro-aimants par un aimant énergique, et chaque palette aimantée par un électro-aimant creux de 4 à 4 $^1/_2$ centimètres de hauteur, de 2 centimètres environ de diamètre extérieur, et revêtu de 500 à 600 mètres de fil de cuivre fin. On suspend cet aimant temporaire avec beaucoup de soin au-dessus de son centre de gravité, de manière qu'aussitôt que le courant est interrompu, il revient toujours promptement à sa position initiale : ensuite on fixe le montant qui le porte entre les pôles de l'aimant fixe, de façon que chacun agisse avec la même énergie sur l'extrémité supérieure et inférieure de l'aimant temporaire (Voir paragraphe IV). Les quatre actions des deux pôles fixes sur les deux pôles mobiles conspirent toujours pour faire osciller l'électro-aimant avec une très-grande rapidité. Je me suis assuré par l'expérience que le système ci-dessus bien exécuté est préférable à l'ancien : il a encore, quoique le récepteur n'ait pas de mouvement d'horlogerie, une puissance motrice au moins égale à celle du premier; il n'a pas les inconvénients du ressort de rappel et transmet avec beaucoup plus de vitesse.

Enfin il est encore possible de disposer les choses d'une autre manière, en inscrivant sur chaque circonférence un alphabet complet, la lettre A du second étant placée près de la lettre N du premier. Dans ce cas, on fixe le petit plan N″ au-dessous de la roue Z′, ainsi que l'encliquetage R′; celui-ci tire Z′ vers la gauche, lorsque R est en repos, et au contraire R tire la roue Z vers la droite, quand R′ reste immobile : par suite de ces deux tractions successives, l'aiguille V du cadran marche toujours dans le même sens.

Le procédé exposé plus haut pour imprimer à l'aiguille un mouvement rotatoire ou alternatif, n'a pas encore été employé, que je sache. J'ai vérifié par une foule d'expériences qu'il est très-convenable pour construire des électro-moteurs puissants. On peut, en effet, adapter à l'axe de l'appareil deux ou plusieurs roues dentées, puis placer de chaque côté des électro-aimants, ensuite faire agir

d'abord une partie de ces derniers, puis l'autre, en changeant la direction du courant. De cette façon on utilise à la fois la puissance directe et totale de plusieurs électro-aimants très-énergiques ; on multiplie cette action un grand nombre de fois pendant la durée de chaque révolution ; on détruit le magnétisme permanent, si nuisible dans les électro-aimants forts, et on empêche en même temps leurs encliquetages de troubler le mouvement du système.

En résumé, il est, je le pense, permis de conclure de ce qui précède, que, si le système direct et rétrograde à double effet, avait d'abord été bien exécuté et introduit dans le service de la Télégraphie, il l'aurait emporté sur l'ancien système auquel il est manifestement supérieur.

VII.

Récepteur dans lequel les lettres sont disposées sur plusieurs circonférences concentriques, et accroissement de vitesse qui résulte de cette construction.

Sur le cadran X (Fig. 1, Pl. VII) on trace plusieurs circonférences concentriques, par exemple, trois : du centre commun on mène huit rayons qui les divisent chacune en autant de parties égales. Sur le premier on inscrit le signe de repos +, et sur les sept autres on répartit les 21 lettres de l'alphabet, en omettant W, G, Z et Q, et les remplaçant respectivement par V, I, S et K.

Le récepteur se compose du cadran avec l'alphabet, d'un mouvement d'horlogerie, d'un électro-aimant N′S′ ajusté sur une planchette horizontale en bois, et d'un petit aimant recourbé NS suspendu à un axe horizontal au moyen des vis en acier trempé V et V′. Cet aimant est placé entre l'électro-aimant et une plaque de fer ; il est ramené à sa position initiale, à l'aide d'un faible ressort spiral, aussitôt que le circuit du courant est rompu.

A côté du récepteur se trouve un appareil-timbre (Fig. 2) composé du timbre T, du martinet M, de l'électro-aimant A′B′, d'une palette aimantée N′S′ placée entre A′B′ et une petite plaque de fer doux. La tige de M tourne autour de l'axe R : le pivot ou pointe m, fixé sur la tige n de la palette aimantée, passe dans le levier de M : les vis a et b règlent le mouvement du petit aimant NS.

Le manipulateur consiste en un récepteur semblable à celui représenté Fig. 1, et en un changeur (1) à deux touches de clavier marquées 1 et 2 (Fig. 2); la première sert à faire marcher l'aiguille du récepteur, et l'autre à faire fonctionner le timbre. Pour rétablir et rompre le courant, on abaisse et soulève la même touche, et pour en changer la direction, on passe la main de celle qui agit sur l'autre.

Le système complet fonctionne entre deux stations A et B de la manière suivante :

Le courant passe de la pile dans le changeur, puis dans l'électro-aimant du récepteur et dans celui de l'appareil-timbre à la station A; il se rend ensuite par le fil de la ligne dans les électro-aimants du récepteur et de l'appareil-timbre à la station B, pour revenir par la terre à la pile en A. Les deux appareils marchent simultanément et indiquent les mêmes signes, s'ils sont semblables et que tout se passe d'une manière régulière. Les électro-aimants des récepteurs font marcher les aiguilles des cadrans; ceux qui sont près des palettes N'S' font résonner les timbres, lorsqu'ils les attirent; mais quand le courant change de direction, ils les repoussent, les martinets M restent dans leur position initiale; ils s'approchent même d'avantage de la verticale. Les quatre aimants temporaires sont disposés de façon que, lorsque les aiguilles du cadran se meuvent, les timbres restent en repos.

Voici maintenant comment les signaux sont transmis : Le stationnaire rétablit et rompt le courant au moyen de la touche 1 du manipulateur. Il voit l'aiguille de son récepteur sauter de lettre en lettre : dès qu'elle est arrivée sur le rayon où est inscrite la lettre à donner, il l'arrête pendant un quart de seconde en interrompant le courant. Si la lettre à envoyer est sur la circonférence extérieure, il fait marcher de nouveau l'aiguille, sans faire résonner le timbre. Quand cette lettre est sur la seconde circonférence ou sur la troisième le télégraphiste fait passer l'aiguille sur le rayon où est inscrite la lettre; il l'arrête un instant, porte rapidement la main sur la touche 2 pour changer la direction du courant, et au même

(1) J'ai proposé ce mot, le premier, je crois, en 1846, dans le tome II de la *Société Royale des Sciences de Liége*, pour désigner l'appareil employé pour interrompre le courant et en changer la direction. Cette expression est aujourd'hui généralement adoptée.

moment il entend le martinet frapper un coup sur le timbre. S'il abaisse une seconde fois la même touche, le timbre résonne une seconde fois. Un seul coup signifie que la lettre est sur la seconde circonférence, et deux indiquent qu'elle est sur la troisième.

Ainsi, on distingue parfaitement sur laquelle des trois circonférences se trouve la lettre transmise, par cette simple convention, qu'elle est sur la première circonférence intérieure si le timbre ne résonne pas, et sur la seconde ou la troisième, suivant que le martinet frappe un coup ou deux. Pendant que le martinet est en mouvement, l'aiguille du cadran reste immobile, si elle est sur un des rayons impairs; mais si elle se trouve sur un des rayons pairs, elle passe au rayon suivant aussitôt qu'on change la direction du courant et que le timbre commence à résonner. Mais ce déplacement n'entraîne aucun inconvénient, parce qu'en l'arrêtant un moment sur la lettre précédente, avant de changer la direction du courant, on a fait comprendre que la lettre à transmettre est sur celui-ci. Dans le cas où la lettre qu'on veut indiquer après celle-là est sur le rayon auquel l'aiguille vient de passer, on fait faire un tour entier à celle-ci en l'arrêtant devant la même lettre. Cette fois elle est sur un rayon impair et reste en repos si l'on change la direction du courant pour faire résonner le timbre.

On peut supprimer le timbre, remplacer le martinet par un petit bouton coloré en rouge, et disposer le tout de façon que si la tige se soulève, le bouton devient visible, tandis qu'il reste derrière le cadran, si la tige reste dans sa position initiale.

Dans ce système le correspondant de la station A voit constamment l'aiguille de son récepteur marcher, et celui de la station B lit ou écrit les mêmes lettres, si les deux appareils s'accordent dans leur marche.

Le courant devant faire fonctionner deux appareils simultanément, doit avoir une intensité beaucoup plus grande que s'il n'a qu'à mouvoir l'aiguille indicatrice du récepteur de la station B.

Pour transmettre les signaux directement de la première station à la seconde, on dispose au-dessus de la touche 1, et dans le sens de sa longueur, un cadran semblable à celui du récepteur, ayant sa périphérie dentée de telle sorte que si, devant une aiguille fixe, on tourne le cadran à l'aide d'une manivelle autour d'un axe horizontal, les huit saillies ou dents abaissent la touche et établissent le courant précisément au moment où les lettres se

présentent devant l'aiguille, tandis que l'instant d'après le courant est interrompu.

Je n'ai jamais essayé le Télégraphe à plusieurs circonférences qu'au cabinet de Physique de l'Université, mais toujours avec succès. La réunion de l'appareil-timbre avec le récepteur n'a rien de compliqué. Sept des lettres qui se présentent très-fréquemment sont inscrites sur la première circonférence, et les autres le sont sur les rayons impairs devant lesquels l'aiguille n'est pas déplacée lorsqu'on change la direction du courant. Les mouvements inutiles de l'aiguille sont notablement diminués, par suite la marche de l'appareil gagne en sûreté et acquiert une vitesse double de celle de l'ancien système. Les deux systèmes ont en commun l'inconvénient du ressort de rappel, et l'un comme l'autre a une sensibilité deux fois plus petite que le système décrit dans le Paragraphe IV. L'avantage qu'offre le système à plusieurs circonférences de transmettre dans le même espace de temps deux fois plus de signes que l'ancien, est sans doute précieux; mais ceci n'est pas un motif suffisant pour l'adopter aujourd'hui en présence d'un autre système (Voir paragraphe X) qui est meilleur.

VIII.

Système de Télégraphe dans lequel le courant électrique agit seul, à double clavier, sans ressort de rappel et sans que le courant change de direction.

Pour construire ce Télégraphe, je me sers d'un principe que j'ai appliqué à la construction d'horloges électriques en 1848 (1).

J'emploie deux récepteurs semblables, l'un placé à la station qui donne, et l'autre à celle qui reçoit les signaux. Chacun se compose d'un mouvement d'horlogerie avec roue à rochet de 14 dents et de deux palettes d'échappement, de deux électro-aimants, d'une palette d'acier aimantée ou mieux d'une palette de fer doux, d'un clavier à 28 touches (2) portant la lettre E deux fois, les 24 autres

(1) *Comptes-rendus*, 1848.

(2) Les claviers ne seront décrits que dans le paragraphe X afin de ne pas avoir à les décrire deux fois.

lettres de l'alphabet, le signe + et un espace en blanc diamétralement opposé à ce signe. Les claviers ne servent qu'à rompre et à rétablir le courant.

Voici comment les deux appareils parlent simultanément aux deux stations : Le courant part de la pile dans le pied du récepteur bien isolé de la terre, puis passe dans l'axe de l'aiguille, la roue dentée R (Pl. VIII, Fig. 1), ensuite dans l'une des deux palettes d'échappement *mm* ou *nn*, isolées l'une de l'autre par la pièce en ivoire I. Par exemple, s'il se rend dans *nn*, il passe ensuite dans l'électro-aimant AA, puis par le fil AC de la ligne dans la roue dentée R′ du récepteur de la station B, traverse la palette *n′n′* homologue de *nn*, puis l'électro-aimant A′A′ et revient enfin par la terre à la station A. L'aimant temporaire AA attire vers lui la palette NS, et au même instant son homologue attire N′S′; les palettes d'échappement se déplacent en même temps et les aiguilles marchent d'une lettre à la suivante. Le courant est un instant interrompu; une dent de la roue R s'échappe, tombe sur la palette *mm*, et une dent de R′ vient en contact avec *m′m′*. Le courant passe de R par *mm* dans l'électro-aimant BB, et de R′ par *m′m′* dans B′B′; les palettes sont déplacées en sens inverse du précédent, mais du même côté, et les aiguilles sautent de A en B. Le courant est de nouveau interrompu, puis subitement rétabli, et ainsi de suite; les palettes NS et N′S′ sont toujours simultanément déplacées dans le même sens, mais alternativement inverse; elles se mettent à vibrer avec une très-grande rapidité, et par suite l'aiguille exécute quelques révolutions entières par seconde.

Il est indispensable que les intensités des électro-aimants des deux récepteurs, ainsi que celles des palettes aimantées, ou que les qualités de palettes de fer qu'on leur substitue, soient les mêmes, et que rien n'agisse sur l'un des appareils, sans avoir une influence égale sur l'autre. Dans cette hypothèse, ils marchent constamment d'accord. Quand le stationnaire veut transmettre des signaux, lorsque le circuit est établi, il n'a rien à faire qu'à abaisser du doigt la touche du clavier qui porte la lettre à envoyer; une petite aiguille en laiton parallèle à l'aiguille du cadran et fixée sur l'axe de ce dernier, va frapper contre la petite tige de la touche, arrête à l'instant même et maintient la roue R au milieu de sa course, dans une position telle que ses dents ne touchent ni la palette *mm* ni celle *nn*. Par suite de cette disposition de l'aiguille d'arrêt le courant est interrompu à la fois dans les deux récepteurs; mais

rien n'empêche la roue R′ de continuer son mouvement jusqu'au contact avec l'une des palettes d'échappement $m'm'$ et $n'n'$: là elle s'arrête, le courant étant interrompu dans tout le circuit, et les aiguilles indicatrices continuent d'indiquer la même lettre sur les récepteurs des deux stations. Le télégraphiste veut-il envoyer une autre lettre? il porte la main sur la touche qui la porte; en même temps un ressort soulève la touche abaissée de la lettre transmise, le courant s'établit, l'aiguille marche promptement jusqu'à ce que la tige de la touche abaissée l'arrête; le courant est de nouveau interrompu, et pendant ce temps l'aiguille de l'autre station, mue par la même force, passe à la même lettre. Les deux aiguilles marchent toujours à la fois et s'arrêtent ensemble, mais non pas mathématiquement au même instant, devant la même lettre.

Pour transmettre une dépêche entière, le stationnaire n'a rien à faire qu'à abaisser successivement les touches qui portent les lettres à envoyer dans l'ordre où elles se suivent, arrêter en pressant la touche, l'aiguille devant chacune d'elles pendant une fraction de seconde, et chercher de l'œil en même temps la lettre à transmettre immédiatement après celle-là. Si le correspondant n'a pas compris, il coupe immédiatement la parole à celui qui parle, en abaissant une touche et arrêtant ainsi l'aiguille à la station qui donne. Par là il indique qu'il n'a pas compris.

On peut substituer aux deux claviers des leviers mobiles fixés au-dessus des cadrans, au centre de ces derniers et indépendants de leurs axes. Ils se meuvent à la main de lettre en lettre et arrêtent les aiguilles qui les rencontrent par un point d'arrêt que l'on peut déplacer et fixer à l'extrémité du levier, afin de pas empêcher le mouvement de l'aiguille lorsqu'on reçoit.

Ce système à double échappement, fonctionnant avec des forces faibles et des forces intenses, sans avoir besoin de réglage, et très-facile à mettre en mouvement, a été soumis par moi à des épreuves variées.

Dans l'origine il me paraissait présenter des avantages réels, tant sous le rapport de sa grande sensibilité que sous celui de sa grande vitesse de transmission, sur le système de Siémens et sur d'autres où la pile est chargée de toute l'opération; mais il a en commun avec tous les appareils du même genre, un inconvénient dont il sera question dans le paragraphe suivant.

Avant de conduire le courant dans la roue à rochet et dans les palettes isolées l'une de l'autre, comme on l'a vu plus haut, j'avais fixé deux ressorts en acier isolés de manière que, l'un touchant une des dents de la roue, l'autre correspondait au milieu de l'espace vide, entre deux dents. Mais ces ressorts, en exécutant leurs vibrations, n'étaient pas toujours suffisamment en contact avec la roue et produisaient d'ailleurs des chocs très-nuisibles à la marche de l'appareil. Alors afin d'établir le plus de contact possible entre les roues et les palettes d'échappement de chaque récepteur, je les confectionnai en platine, en leur donnant le plus de largeur possible. Je conduisis également le courant à la fois dans les montants isolés des axes, et dans ces derniers à l'aide de fils en cuivre.

Cet appareil fait plus de deux révolutions par seconde. Si un seul récepteur fonctionne, sa marche est régulière, c'est-à-dire qu'au bout de deux, cinq ou dix tours, l'aiguille revient à la même lettre. Quand on fait marcher les deux récepteurs à la fois, les choses se passent autrement. Ils restent souvent d'accord pendant une demi-heure, une heure même et davantage encore, en marchant continuellement et faisant à-peu-près deux révolutions par seconde ; puis ils cessent de s'accorder dans leur marche. Quelquefois l'un d'eux cesse de marcher, tandis que l'autre continue son mouvement et d'une manière plus régulière que lorsqu'ils marchaient tous deux à la fois. J'avais toujours soin de me servir d'électro-aimants et de palettes de fer semblables ; on conçoit sans peine combien il est indispensable de remplir ces conditions.

Pour remédier aux inconvénients qui précèdent, au lieu de faire agir les deux électro-aimants du même récepteur, l'un après l'autre, je les fis agir simultanément, en renversant alternativement la direction du courant, à l'aide d'un changeur de petite dimension fixé sur l'axe du récepteur. Je conduisis le courant directement du changeur dans les fils conducteurs et les électro-aimants, espérant par là réaliser des contacts plus intimes entre les pièces métalliques que le courant devait traverser. Mais le changeur frottant continuellement, pendant son mouvement de rotation de plus d'un tour par seconde ou à peu près, contre les ressorts en laiton qui y amenaient le courant de la pile et contre celles qui le conduisaient dans le fil de la ligne et le ramenaient de la terre dans l'appareil, produit par ces divers frottements une résistance si notable, qu'elle empêche le mouvement de l'appareil, à moins que l'on emploie

un courant d'une intensité sensiblement plus grande qu'il n'en eut fallu si ces frottements avaient été plus faibles.

Je compte encore revenir sur ce point. Les expériences que j'ai entreprises pour vaincre la difficulté en question m'ont conduit à construire un système de transmetteur nouveau qui, réuni au récepteur décrit dans le paragraphe III, constitue un Télégraphe à cadran qui m'a entièrement satisfait dans les épreuves multipliées auxquelles je l'ai soumis.

IX.

Examen critique des différents modes de construction des transmetteurs ou manipulateurs des Télégraphes à cadran.

Tout transmetteur ou manipulateur doit, pour remplir convenablement son objet, être construit de telle façon, 1° qu'on puisse établir le courant, l'interrompre, en changer alternativement la direction, le conduire dans les fils des lignes télégraphiques, le ramener de la terre dans l'appareil pendant qu'on envoie des signaux, enfin conduire à tout instant, dans un récepteur placé à côté, le courant de la station qui veut parler; 2° que le correspondant puisse, sans perte de temps sensible, couper la parole à celui qui transmet aussitôt qu'il n'a pas compris.

Ces conditions peuvent être parfaitement remplies par quatre modes de construction essentiellement différents que je vais d'abord décrire, et ensuite discuter successivement.

1° Elles sont toutes réalisées dans la construction du changeur représenté Fig. 1, Pl. IX. Sur l'une des faces d'un disque circulaire en ivoire, je fixe deux larges anneaux en cuivre concentriques, et sur l'autre un disque circulaire en laiton Y, divisé en 26 secteurs égaux, isolés les uns des autres par des espaces vides et échancrés de chaque côté à leur extrémité externe. J'inscris sur l'un des secteurs le signe + et sur chacun des autres une des lettres de l'alphabet; et, à l'aide de petites tiges en cuivre, je fais communiquer l'un des anneaux concentriques avec les secteurs pairs, et l'autre avec les secteurs impairs. Un axe A, isolé de toutes parts, qui traverse une tablette en acajou, les centres des disques en ivoire et en laiton, porte une aiguille et une manivelle

articulée MMMN munie d'une petite cheville passant dans les trous qui traversent incomplètement les secteurs. Deux lames en laiton P et P′, communiquant respectivement avec les deux pôles de la pile, sont constamment en contact intime, l'une avec l'anneau en cuivre intérieur, l'autre avec l'extérieur, quand on tourne au moyen de la manivelle le changeur Y. Autour de celui-ci est fixé un anneau plat en laiton CC′C″ sur lequel sont gravées les mêmes lettres que sur les secteurs. Trois ressorts en acier R, R′ et R″ sont adaptés solidement sur la même tablette aux points O, O′, O″. R communique avec le fil de la ligne, R′ avec la terre et R″ avec un récepteur placé à côté. A la face postérieure de chacun de ces ressorts j'ajuste avec des vis à bois trois plaques en laiton Q, Q′, Q″, qui sont destinées à assurer le contact intime des ressorts contre les secteurs, lorsqu'ils exécutent librement leurs vibrations pendant que le changeur tourne rapidement autour de son axe A. Ils doivent tous les trois se plier légèrement et frotter en même temps, en glissant, contre le changeur, afin de recevoir et de transmettre aux fils conducteurs le courant électrique avec la moindre perte possible. Il faut, en outre, qu'ils soient disposés de façon à satisfaire aux conditions suivantes :

a) Les ressorts R et R′, pendant que le changeur tourne, doivent toucher au moins, pendant quelques instants, l'un un secteur pair et l'autre un secteur impair, R″ étant isolé, afin que le courant de la pile puisse passer uniquement dans le récepteur de la station éloignée. Si dans ce cas R″ communiquait aussi pendant un seul instant avec un des secteurs, le courant de la pile passerait à la fois dans les récepteurs de la station qui donne et de celle qui reçoit, mais principalement dans celui de la première.

b) Le récepteur de la station qui donne, communiquant par les deux bouts du fil de ses électro-aimants avec les ressorts R′ et R″, ce dernier doit toucher, au moins pendant un temps très-court, un des secteurs, toutes les fois que l'autre ressort communique avec le changeur par un des secteurs du même nom, afin que le courant venant de la station éloignée puisse passer dans le récepteur, et qu'après chaque lettre transmise, le correspondant puisse au besoin dire promptement qu'il n'a pas compris.

c) Lorsque le manipulateur est en repos, le ressort R″ doit communiquer seul, ou bien en même temps que R ou R′, avec le changeur, afin que le correspondant puisse toujours parler à volonté.

De nombreuses expériences m'ont démontré que le manipulateur ci-dessus remplit exactement sa destination. Pour reconnaître si le courant passe, on place à chaque station dans le circuit un multiplicateur ou une boussole dont les aiguilles dévient sous l'influence du plus faible courant.

Afin de pouvoir couper facilement et instantanément après chaque lettre la parole à celui qui parle et l'empêcher de transmettre, je divise en deux parties la palette en laiton qui réunit le fil de la ligne au ressort R, en séparant l'une de l'autre de 4 à 5 millimètres, et au-dessous d'elles j'en fixe une autre en laiton dans la tablette en acajou, de telle sorte qu'un ressort solide la soulève, en la pressant fortement contre les deux parties de la lame coupée en deux, et qu'à l'aide d'une touche de clavier adaptée à sa face supérieure on puisse l'abaisser. Par ce moyen on interrompt le courant, en abaissant la touche du doigt, et on le rétablit en retirant la main.

Veut-on interrompre la communication et indiquer qu'on n'a pas compris? Il suffit d'abaisser la touche instantanément; les aiguilles du multiplicateur de la station qui parle, comme celles de la station qui reçoit, retournent immédiatement à leur position de repos, et par là le correspondant reconnaît qu'on n'a pas compris.

Il est presqu'inutile de dire que, pour transmettre des signaux, on saisit la manivelle par le bras N, et qu'on tourne le changeur sur son support en l'arrêtant un instant, lorsque son aiguille est vis-à-vis de la lettre gravée sur l'anneau C C′ C″ qu'on veut signaler. Ensuite on continue de mouvoir le changeur et d'arrêter son aiguille pendant un quart de seconde devant la lettre qu'elle doit indiquer après la première, et ainsi de suite.

2° Le second mode de transmettre des signaux consiste à se servir du changeur uniquement pour renverser alternativement la direction du courant (ou pour l'interrompre dans l'ancien système), et le conduire dans le récepteur de la station qui donne, et de là par le fil de la ligne dans celui qui reçoit. Le stationnaire en faisant tourner le changeur, suit d'un œil attentif l'aiguille indicatrice, lui fait faire une courte pause devant la lettre qu'il veut signaler, en arrêtant le changeur un instant, puis continue de mouvoir ce dernier, et, par suite, à faire parcourir à l'aiguille la circonférence du cadran.

Si les deux récepteurs sont semblables, que le courant qui anime

leurs électro-aimants ait la même intensité aux deux stations et qu'aucune cause accidentelle ne dérange les appareils, le stationnaire peut être sûr que l'aiguille du récepteur à la station qui reçoit n'indique pas d'autres lettres que celles qu'il voit marcher devant lui.

Quant au changeur, on peut faire usage de celui que j'ai décrit plus haut; les aiguilles des récepteurs et celle du changeur en mouvement se trouveront alors toujours sur la même lettre, si tout se passe régulièrement, et les indications des récepteurs sont, en quelque sorte, contrôlées par celles du manipulateur. Mais on peut aussi se servir du transmetteur représenté Fig. 2, et dans ce cas, on fait jouer d'une main la touche 1 et de l'autre la touche 2, mais en abaissant toujours alternativement l'une et l'autre. Voici comment le courant est conduit successivement dans les deux récepteurs aux deux stations :

Si l'on abaisse la touche 1, le courant passe de la pile par le fil $m''m'$ dans la lame en laiton LL, traverse le bouton a abaissé et communiquant avec le fil $a''a'$, entre dans le récepteur X de la première station au point Q, en sort au point S, parcourt le fil de la ligne, entre au point S′ dans le récepteur X′ de la seconde station, en sort au point T et revient par la terre et par le fil TQ′ au point b', suit le fil $b'm$, passe dans le bouton abaissé P, dans la lame L′L′, isolée en M de LL, et retourne dans la pile par le fil $n'n''$ en contact avec la lame en n'.

Quand on abaisse la touche 2 le courant suit le fil $m''m'$, en contact avec LL au point m', arrive au bouton abaissé b, suit le fil bb', traverse Q, puis T, la terre, entre au point T′ dans le fil des électro-aimants du récepteur X, en sort au point S′, passe par S dans le fil des électro-aimants de X, enfin revient par Q, par a', par P′ et par le fil $n'n''$ dans la pile.

Pour transmettre des communications, le télégraphiste fait jouer alternativement la touche 1 et la touche 2. Pendant qu'il opère, il suit attentivement le mouvement de l'aiguille indicatrice, en se conformant de tous points à ce que j'ai dit concernant la transmission avec le manipulateur du numéro précédent.

3° Le troisième mode de transmission des signaux consiste à confier l'opération principale à l'action du courant de la pile. On fait jouer les deux claviers de la manière que j'ai exposée dans le paragraphe précédent.

4° Le quatrième procédé consiste à faire mouvoir le manipu-

lateur par une force mécanique. Au lieu d'agir avec la main sur celui qui est représenté Fig. 1, je le fais tourner à l'aide d'un fort mouvement d'horlogerie pourvu d'un ressort solide. Je transmets les signaux au moyen d'un clavier de la manière que j'indiquerai dans le paragraphe suivant.

Quel est maintenant le meilleur de ces quatre modes de transmettre les signaux lorsqu'on se sert d'un Télégraphe à cadran?

J'ai reconnu par mes expériences que le quatrième est le seul parfait. En effet, il est d'un maniement très-facile et très-commode, en même temps qu'il est sûr et extrêmement prompt. Un commis exercé peut aisément transmettre 80 lettres par minute, et même autant que les sens permettent d'en saisir. Le manipulateur à clavier, mû par un mouvement d'horlogerie, a le précieux avantage de marcher avec une vitesse uniforme et susceptible d'être réglée à volonté. Le courant passant directement du changeur dans le récepteur placé à la station qui reçoit, le mouvement de celui-ci est tout-à-fait indépendant; il est produit d'une manière régulière, quand même l'intensité du courant varie; il suffit que celle-ci soit encore suffisante pour faire mouvoir l'aiguille indicatrice. Or, l'uniformité et l'indépendance de la marche du récepteur, ainsi que sa grande vitesse, sont précisément les qualités auxquelles le système à clavier doit ses bons résultats.

Lorsque le stationnaire conduit le manipulateur à la main, il ne peut transmettre ni aussi facilement, ni aussi promptement, ni enfin avec autant de certitude, que si l'appareil était mû par une force mécanique régulière. S'il fait tourner le manipulateur avec trop de vitesse, l'aiguille indicatrice ne pourra le suivre dans son mouvement saccadé, et il s'expose en même temps à dépasser sur le manipulateur la lettre qu'il doit transmettre. Dans les deux cas il y aura des erreurs commises; au contraire, si le manipulateur marche lentement, il y aura perte de temps. Par conséquent, il est préférable de faire tourner le manipulateur au moyen d'un mouvement d'horlogerie à ressort.

Le second mode indiqué plus haut a les mêmes inconvénients que le premier, et même d'autres encore. Le courant devant, dans ce système, faire marcher deux récepteurs à la fois, son intensité doit être beaucoup plus grande que s'il n'avait qu'à en mouvoir un seul; et alors même que cette intensité est suffisante, la marche simultanée des aiguilles des récepteurs est extrêmement difficile à régler. Il faut que les deux récepteurs des deux stations

indiquent à chaque instant la même lettre ; il est donc indispensable qu'ils soient parfaitement identiques dans leur construction, et qu'en outre leurs électro-aimants soient constamment animés par un courant d'égale force. Par conséquent, le courant qui va de la pile dans le fil des électro-aimants de la station qui transmet, doit, en sortant de ce fil, traverser, sans perdre de son intensité, tout le fil de la ligne, parcourir celui des électro-aimants du récepteur de la station qui reçoit, et revenir par la terre à la pile d'où il est parti.

Cette condition est presqu'impossible à remplir, et l'on ne peut jamais être certain qu'elle l'est. Les fils des lignes sont toujours plus ou moins imparfaitement isolés ; il s'établit entre eux et la terre des dérivations qui sont encore augmentées par les résistances dues aux contacts imparfaits des conducteurs. Par suite, le courant sorti du premier récepteur, arrive à la seconde station plus ou moins affaibli. L'influence de l'électricité atmosphérique, si elle est sensible, étant ordinairement très-différente à des stations éloignées les unes des autres, modifie aussi inégalement l'action du courant dans les deux récepteurs. Or, une différence dans l'action du courant occasionne un désaccord dans les indications des aiguilles des cadrans. Si cette différence est faible, et que la vitesse du changeur soit modérée, les aiguilles restent encore d'accord ; mais plus la vitesse du changeur s'accroit, et plus grande est la chance qu'elles ne correspondent pas à la même lettre, comme le démontrent les expériences suivantes :

Le changeur de mon transmetteur étant mû uniformément par un mouvement d'horlogerie, et souvent par l'action d'une machine à vapeur, j'ai conduit le courant tantôt dans deux récepteurs semblables, tantôt dans un seul : j'ai constamment trouvé que l'accord dans la marche des deux appareils avait lieu pour 8, 9, 10 et 11 tours en 15 secondes ; mais qu'il cessait avec des vitesses plus grandes, tandis qu'un seul récepteur indiquait encore les lettres avec certitude, lorsque son aiguille exécutait 17 révolutions complètes en 15 secondes. Je n'ai pas opéré avec des vitesses plus grandes.

Dans le troisième mode de transmission, il est bien plus difficile encore que dans le second de réaliser et de maintenir l'accord dans la marche des deux récepteurs. Dans celui-ci les changements de direction du courant étant produits par une force indépendante de l'action du courant (le bras du stationnaire), on peut régler,

du moins jusqu'à un certain point, la marche du changeur, et, par suite, la durée pendant laquelle le courant agit, et celle pendant laquelle il est interrompu. Dans le troisième système, au contraire, on ne peut varier la vitesse des aiguilles indicatrices qu'en augmentant ou en diminuant l'intensité du courant. Aussi les fréquents désaccords auxquels ce système donne lieu sont-ils bien connus de tous les Télégraphistes qui l'ont mis en usage.

Le système de Siémens, par exemple, bien que très-savamment conçu et exécuté, est peu employé en Allemagne; il ne l'est que dans une partie de la Prusse sur de petites lignes et pour le service des chemins de fer, si mes renseignements sont exacts. Je sais aussi que des employés qui se servent de ce Télégraphe se plaignent de la lenteur de sa marche et de la grande difficulté de le régler.

Dans un rapport remarquable par sa clarté sur le Télégraphe de Siémens, M. Pouillet dit : « que si les aiguilles des deux appareils introduits dans le circuit l'un à Berlin et l'autre à Paris correspondaient à la même lettre, en commençant de se mouvoir, elles feraient des milliers de tours et marcheraient pendant des journées et des années entières, en se trouvant toujours d'accord. » J'ai cherché en vain à constater cet accord entre les aiguilles de mon appareil décrit dans le Paragraphe VIII. Afin d'imiter davantage la construction du Télégraphe de Siémens, j'ai conservé les deux ressorts de rappel, et j'ai conduit le courant dans les roues d'échappements, puis dans les palettes non isolées l'une de l'autre; je me suis assuré que le courant passait parfaitement, et néanmoins il m'a été impossible de maintenir longtemps l'accord entre les deux aiguilles. Seulement celles-ci se trouvaient beaucoup plus longtemps au même instant devant les mêmes lettres, lorsque je ne conduisais le courant que dans la roue d'échappement d'un seul récepteur, puis directement dans le fil des électro-aimants de l'autre. Dans cette dernière expérience, je n'interrompts et ne change le courant qu'au moyen d'une seule roue d'échappement. Elle m'a conduit à imaginer un appareil qui, me semble-t-il, remplacerait avec avantage celui représenté Pl. VIII.

Sur l'axe de la roue d'échappement de l'un des récepteurs j'adapte un petit changeur. De celui-ci je conduis le courant dans un électro-aimant creux suspendu entre les pôles d'un fort aimant, afin de produire une grande force motrice; de là le courant passe directement dans le fil des électro-aimants du récepteur de la sta-

tion qui reçoit, monte par l'axe isolé de la roue d'échappement, passe dans une tige verticale fixée à côté et divisée en trois pièces : tout est disposé de façon que celle du milieu est pressée contre les deux autres par un petit ressort fixe, et qu'elle en est séparée par un levier en laiton parallèle à l'aiguille indicatrice fixée sur le même axe, chaque fois que ce levier est arrêté par la touche du clavier qu'on abaisse. Ce système me paraît le meilleur de tous ceux connus dans lesquelles l'action du courant joue le principal rôle.

Tous ces appareils donnent à celui qui reçoit la dépêche une très-grande facilité de parler à chaque instant.

On obtient ce même avantage dans tous les systèmes où le courant passe à la fois par les électro-aimants des récepteurs des deux stations qui correspondent entre elles, si l'on emploie le moyen dont je me sers pour arrêter le courant à volonté. Dans le cas où le courant passe directement du transmetteur dans le récepteur de la station qui reçoit le moyen indiqué numéro 1 sert encore. Aussitôt que le correspondant n'a pas compris, il ramène promptement au repos les aiguilles des boussoles placées dans le circuit aux deux stations; il arrête par la même opération l'aiguille du récepteur, et le stationnaire voyant en repos l'aiguille de la boussole qui est près de lui, apprend que l'on n'a pas compris.

Le correspondant atteint le même but si, lorsqu'il s'aperçoit que la lecture des lettres devient inintelligible, il transmet immédiatement le courant de sa pile dans le récepteur de l'autre station. Par le mouvement instantané de l'aiguille de celui-ci le stationnaire voit qu'il doit répéter le mot transmis avant celui non compris, ainsi qu'il est d'usage de le faire dans tous les systèmes. Il ne résulte de cette opération ni trouble ni confusion, et je ne pense pas qu'elle se fasse en moins de temps dans le système où les deux récepteurs fonctionnent simultanément que dans celui dont il s'agit en ce moment.

Ce dernier système est réalisé dans les Télégraphes aériens de M. Foy, administrateur en chef de la Télégraphie en France, Télégraphes très-habilement construits par M. Breguet et adoptés dans dans toute la France. Dans le Télégraphe de M. Morse, le plus répandu de tous, on transmet le courant directement dans le relais qui fait fonctionner la pile locale de la station qui reçoit.

Ces deux exemples prouvent combien il est inutile de faire fonctionner par l'action du même courant deux appareils semblables.

En résumé, mes expériences et les renseignements que j'ai pris m'ont convaincu que le meilleur mode de transmettre les signaux ou dépêches, est de faire tourner uniformément à l'aide d'une force mécanique, un changeur construit comme il est dit numéro 1, et de conduire le courant dans un multiplicateur sensible placé à côté, puis directement dans le récepteur de la station qui reçoit, et réciproquement.

Si le courant passe à la fois dans les deux récepteurs des stations qui correspondent entre elles, il faut employer plus de force et ralentir la vitesse, et, même dans ce cas, on n'a pas la même certitude que les dépêches seront transmises fidèlement que dans le cas où la transmission est directe.

X.

Système à cadran avec clavier complet, sans ressort de rappel, le courant étant alternativement dirigé en sens contraire par un mouvement d'horlogerie.

Mon Télégraphe à clavier se compose d'un transmetteur à clavier K, [Pl. X, Fig. 1, 2, 3, 4, 5 (1)], et d'un récepteur X, (Pl. I) pour chaque station. Ce dernier consiste en un mouvement d'horlogerie M, une roue et deux palettes d'échappement R, *m* et *n*, une palette aimantée NS et deux électro-aimants EE.

Le transmetteur K se compose d'un fort mouvement d'horlogerie M, fixé dans une petite boîte B, réglé par un volant et pouvant faire un tour par seconde pendant 24 heures, sans avoir besoin d'être remonté. Sur l'axe de ce mouvement on ajuste un changeur Y, formé de deux disques en laiton P et P′ de même diamètre, parallèles et isolés l'un de l'autre, portant chacun sur leur circonférence 13 dents de même largeur et autant d'espaces vides entre elles. Ces disques sont disposés symétriquement de manière que chaque dent de l'un divise en deux parties égales l'espace vide entre deux dents de l'autre, et qu'elles forment toutes ensemble

(1) La coupe longitudinale de l'appareil est représentée Fig. 1, la vue intérieure du clavier Fig. 2, la projection horizontale de la boîte et du mouvement d'horlogerie Fig. 3, la projection horizontale du clavier Fig. 4, et la coupe transversale de l'intérieur de la boîte Fig. 5.

un contour de 26 dents également espacées et parfaitement isolées les unes des autres.

Deux ressorts Z et Z′ recevant, l'un l'électricité positive et l'autre l'électricité négative de la pile, communiquent respectivement avec P et P′. Trois ressorts ou lames en acier R, R′, R″ sont fixés, au moyen des plaques Q, Q′, Q″, aux points O, O′, O″ (Pl. I et Pl. X). Ils sont ajustés précisément de la même manière que les ressorts et les plaques de même nom le sont Fig. 1, Pl. IX (1). Les secteurs pairs de cette figure peuvent être assimilés aux dents du disque P, et les secteurs impairs à celles du disque P′, et réciproquement. Le ressort R communique avec le fil de la ligne, R′ avec la terre, et R″ avec le récepteur placé à côté du transmetteur et avec la terre (Pl. X et Pl. I). Les ressorts doivent être disposés de façon à remplir les conditions exposées dans le numéro 1 du Paragraphe IX. R″ ne doit jamais communiquer ni avec le disque supérieur, ni avec l'inférieur, pendant que R communique avec l'un et R′ avec l'autre. R″ doit communiquer un instant soit avec le disque supérieur, soit avec l'inférieur, si R communique avec le même disque, pendant que R′ est isolé.

Le clavier circulaire V est placé au-dessus du changeur Y. A la face intérieure du couvercle de la boîte B j'adapte un anneau plat en laiton sur lequel je trace une circonférence de cercle dont le centre se trouve dans l'axe prolongé du changeur. 26 ressorts en acier ajustés sur cette circonférence par un de leur bout, portent à l'autre de petites tiges en fer qui passent dans autant d'ouvertures percées dans le couvercle. Je visse sur cette tige de gros boutons en laiton sur lequels j'inscris le signe + et les 25 lettres de l'alphabet.

Sur l'axe prolongé du changeur je fixe deux aiguilles ou lames en laiton N et N′ : l'une à l'intérieur, l'autre à l'extérieur de la boîte, de telle façon que, si le changeur tourne, l'aiguille intérieure passe librement au-dessous des pieds des touches, et qu'elle est, au contraire, arrêtée en même temps que tout le système par le pied de chacune des touches qu'on abaisse. Dans le même ins-

(1) Les lettres sur les secteurs du changeur de cette figure sont utiles seulement dans le cas où le stationnaire veut amener successivement les lettres à indiquer près d'un point d'arrêt fixé devant lui, comme cela se pratique encore quelquefois.

tant l'aiguille extérieure N se trouve vis-à-vis de la lettre que porte la touche abaissée. Les deux aiguilles sont adaptées à l'axe du changeur de telle manière que toutes les fois que celle de l'intérieur ou N′ est arrêtée par le pied d'une des touches, les ressorts R et R″ communiquent avec l'un des disques P et P′, tandis que le troisième ou R′ est isolé.

Dans cette position le circuit du courant de la pile est rompu, mais le stationnaire peut recevoir des nouvelles de son correspondant.

Pour faire jouer ou pour arrêter le Télégraphe, le stationnaire sait qu'en abaissant une touche, le changeur est immédiatement ramené au repos lorsque les aiguilles sont venues se placer vis-à-vis de cette touche; il sait aussi que celle-ci est instantanément soulevée par l'influence du ressort sur lequel elle repose dès qu'on retire la main. On sait qu'il est d'usage de ramener toujours les aiguilles du transmetteur et du récepteur devant le signe de la croix, lorsque l'appareil ne travaille pas. On maintient le manipulateur dans cette position à l'aide d'une petite lame d'acier fixée près de cette touche. Retirer la lame d'acier pour mettre le transmetteur en mouvement, poser successivement la main sur les lettres qu'on veut donner, mais toujours l'appuyer sur la lettre à signaler avant de la retirer de la lettre déjà transmise, est en définitive, il n'est pas inutile de le répéter, toute l'opération du stationnaire, lorsque le manipulateur est à clavier.

Mon appareil a fonctionné plusieurs fois d'une manière très-satisfaisante dans le cabinet de Physique de l'Université, puis sur une ligne de 60 et une de 120 lieues, bien que la construction du transmetteur ne fût pas soignée autant qu'elle eut pû l'être et qu'elle le sera avant que le Télégraphe soit introduit dans le service public.

Mon système offre, je le crois, des avantages importants:

1° Lorsqu'il est en repos, la pile n'est pas fermée, et ne s'use par conséquent pas inutilement. Cet avantage, il l'a en commun avec plusieurs autres systèmes.

2° Le mouvement de l'aiguille du récepteur est indépendant de celui de toute autre appareil mis en jeu par l'action du même courant; par suite, la marche de l'aiguille est plus assurée, ainsi que la certitude d'une transmission exacte des signaux.

3° Le récepteur est d'une très-grande sensibilité, à double échappement, sans ressort de rappel, et très-prompt dans ses indica-

tions. Sous ces trois rapports, mon Télégraphe à de grands avantages sur ceux de MM. Drescher, Kramer, Siémens, Froment, etc. Il convient parfaitement pour transmettre directement et avec beaucoup de célérité à de très-grandes distances, par exemple de Berlin à Cologne, les nouvelles politiques et commerciales, aussi bien que celles qui concernent le service des chemins de fer.

Aucun autre système à clavier ne présente, que je sache, cet avantage. On évite en l'employant les pertes de temps et les embarras qu'on éprouve en transmettant les nouvelles de station à station jusqu'à celle avec laquelle on doit correspondre. On n'a pas besoin non plus de remplacer un système destiné au service des chemins de fer par un autre plus prompt.

4° Mon appareil permet à un télégraphiste habile de transmettre environ 100 signaux par minute. Dès lors on ne peut plus dire en général des Télégraphes à cadran, qu'ils sont lents et que, pour cette raison, ils ne conviennent que pour les services ordinaires. On peut même tirer parti de la grande vitesse de l'appareil pour rendre les signaux à transmettre indépendants les uns des autres. A cet effet, on pose la main après chaque lettre transmise, sur la touche de la croix en s'y arrêtant une fraction de seconde. On perd ainsi, à la vérité, un peu de temps, mais la vitesse de transmission est encore, pour le moins, aussi grande que celle obtenue dans le système à clavier en usage.

5° La construction du transmetteur de mon appareil est d'une très-grande simplicité. Le changeur étant mû par une force mécanique énergique, on peut rendre les contacts entre lui et les divers conducteurs avec lesquels il communique, aussi intimes que l'on veut. Dans tout le reste du circuit les contacts ont lieu entre des conducteurs fixes; on les rend parfaits à l'aide des boutons avec vis de pression.

Ce grand avantage n'existe pas dans les Télégraphes à clavier les plus employés, parce qu'il y a des contacts entre des parties fixes et des parties mobiles, qui ne sont établis que par la faible action du courant électrique. Il est impossible que ces contacts ne soient pas plus ou moins imparfaits, et qu'ils ne donnent pas lieu à de fréquentes irrégularités, surtout lorsque celles-ci sont favorisées par des causes accidentelles, même des plus faibles.

6° Si l'on juge à propos de faire fonctionner simultanément deux récepteurs, l'un à la station qui envoie les dépêches, et l'autre à celle qui les reçoit, il est encore très-avantageux de se servir du

transmetteur à clavier, afin de pouvoir régler à volonté la vitesse du mouvement saccadé des aiguilles des récepteurs.

XI.

Télégraphe à écrire sans clavier et avec clavier, sans ressort de rappel, à double effet, et avec ou sans pile locale.

Je n'ai pas besoin pour rendre clair ce qui suit de donner la description complète du Télégraphe de Morse; il me suffira d'exposer les modifications que je crois avoir apportées à cet appareil.

M. Morse écrit les dépêches en représentant les lettres de l'alphabet par des points, des lignes et des espaces blancs laissés entre les points, entre les lignes, et entre les points et les lignes.

Ce nouveau mode d'écrire, ou, si l'on veut, d'imprimer les dépêches, n'est pas difficile à comprendre. Un levier *ab* (Pl. XI, Fig. 1) fixé au point *c* sur un axe horizontal *xz* et mobile autour de lui, porte à l'extrémité *b* une pointe en acier très-dur et un peu tronquée *d*. Cette pointe repose sur une lame de liége *l* attachée au support en laiton A. Entre *d* et *l* on fait passer uniformément une longue bande de papier, à l'aide d'un mécanisme particulier, en imprimant au levier-plume des impulsions vives et continuellement répétées. Celui-ci se met à vibrer rapidement entre deux pivots *m* et *n* très-rapprochés qui en règlent le mouvement. Il frappe contre le papier en laissant chaque fois des impressions faciles à distinguer. S'il ne fait que toucher le papier, il produit un point; si ce contact se prolonge pendant quelques instants, il produit une petite ligne, et s'il dure plus longtemps encore, il produit une ligne plus longue. M. Morse en combinant ces points et ces lignes représente la lettre *a* par un point suivi d'une ligne courte, *b* par une ligne courte, suivie de trois points, *e* par un point, *p* par cinq points, *z* par quatre points dont le dernier est plus éloigné du troisième que celui-ci ne l'est du second, etc. Mais de là à écrire des dépêches d'une station à une autre, il y a loin encore.

Voici par quelles combinaisons M. Morse est parvenu à atteindre ce dernier but. Il enroule le papier sur la circonférence creuse d'une poulie et le fait avancer uniformément par un mouvement d'horlogerie à poids. Le papier est conduit au-dessous d'un cylin-

dre P (Fig. 2) sur lequel est tracé une rainure étroite correspondant à la pointe de la plume, puis il passe entre deux cylindres P′ et P″ qui le pressent et l'avancent pendant que chacun d'eux tourne autour de son axe.

Au levier-plume M. Morse attache transversalement un fer doux N au-dessous duquel il fixe verticalement un électro-aimant M, dont le fil communique par l'un de ses bouts avec le fil de la ligne, et l'autre avec la terre. Au point A du levier-plume il attache un ressort de rappel R fixé par l'autre bout au support de l'électro-aimant.

A la station qui envoie les dépêches M. Morse place un interrupteur (Fig. 3) qui est un levier *abc* recourbé en *b*, porté en *o* par un support P qui communique avec le fil de la ligne. Lorsque *aobc* est abaissé, le levier communique par le point *c* avec la plaque Q qui est liée au pôle positif de la pile, dont le pôle négatif communique constamment avec la terre. Ainsi lorsque *c* communique avec Q, le courant passe dans l'électro-aimant M et revient par la terre.

Chaque fois que le courant passe, l'électro-aimant attire le fer N, soulève le levier-plume, qui va frapper contre le papier ; si le courant est instantanément interrompu, la plume fait un point; s'il subsiste, elle trace une ligne sur le papier. Aussitôt que le courant est interrompu, le ressort R ramène le levier-plume dans sa position de repos. Ceci suffit pour faire comprendre comment on communique des dépêches d'une station à une autre. Nous verrons plus bas des dispositions plus avantageuses de l'interrupteur aussi bien que de l'appareil qui écrit les lettres ; mais je crois qu'il est convenable de donner auparavant l'alphabet du système à écrire les dépêches, non pas précisément l'alphabet proposé par M. Morse, mais celui qui est adopté en Prusse, dans le Hanovre, et ailleurs encore.

ALPHABET POUR LES LETTRES.

a . —	d — ..	i ..	o — ...	s...	w . — —	?..—..
ä . — . —	e.	k — . —	ô . —	t—	x . . — ...	/ — ...
b — ...	f .. — .	l . — ..	p.....	u .. —	y — . — ...	, — ...
c — . — .	g — — .	m — —	q — — . —	û . . — —	z . — — ..	
ch — . — ..	h	n — .	r . — .	v ... —		

ALPHABET POUR LES CHIFFRES.

1 . — — .	6 . . . . .
2 . . — — . .	7 — — . .
3 . . . — .	8 — . . . .
4 . . . . —	9 — . . —
5 — — —	0 —

Dans cet alphabet les lignes sont toutes de même longueur, elles doivent être lues en relief et être très-saillantes, de même que les points, d'où suit que l'action du levier-plume qui les produit doit être très-énergique. Or, l'action d'un courant, même très-intense, est fort affaiblie par les pertes qu'il éprouve et par toutes les résistances qu'il doit surmonter dans le très-long trajet qui sépare les deux stations correspondantes. Il en résulte que le courant ne conserve pas assez d'énergie pour faire tracer au levier-plume d'une manière distincte les lettres qu'il s'agit de transmettre.

M. Morse remédie à ce grave inconvénient, en employant une pile locale. Le levier-plume n'est plus mis en mouvement par l'action du courant provenant de la station qui envoie les dépêches; ce courant ne sert qu'à fermer et ouvrir le circuit d'une autre pile placée à côté de l'appareil à écrire. Le courant de cette dernière pile, composée de 3 à 5 éléments, n'ayant qu'à parcourir un petit nombre de mètres de gros fil enroulé sur un fer recourbé épais, fait de celui-ci un aimant énergique, qui attire une armure fixée au-dessus de lui sur le levier-plume, lequel est mobile autour d'un axe horizontal. Lorsque le courant traverse le fil de l'électro-aimant, l'armure est attirée et le levier-plume va frapper vivement le papier; mais un ressort le ramène à sa position de repos, aussitôt que le courant est interrompu.

La pile dont le courant fait agir le levier-plume porte le nom de *pile locale*. Celle qui envoie son courant de la station qui parle dans l'appareil employé pour fermer et ouvrir la pile locale, s'appelle *batterie principale*. On nomme *relais* (1) l'appareil qui reçoit le courant de cette batterie, et *clef* celui qui sert à transmettre le courant

(1) Voir le paragraphe XII.

de la batterie à l'interrompre; on l'appelle aussi quelquefois *interrupteur*. Ces quatre appareils, réunis à celui qui fait avancer le papier sur lequel on écrit, constituent un Télégraphe à écrire complet. Il en faut un à chaque station, afin de pouvoir transmettre et recevoir des dépêches.

La clef doit être construite de manière à satisfaire aux conditions suivantes :

1° Lorsque le Télégraphe ne fonctionne à aucune des deux stations correspondantes, les batteries principales et locales doivent rester ouvertes, afin qu'elles ne s'usent pas inutilement.

2° La clef étant en repos, il faut qu'on puisse recevoir des dépêches de la station correspondante. Pour cela il est nécessaire que la clef, dans sa position de repos, communique avec la batterie principale de la même station en même temps qu'avec le fil de la ligne.

3° Il faut qu'on puisse transmettre à tout moment des nouvelles d'une station à la station correspondante : pour cela il est nécessaire que pendant le temps qu'on opère, le courant de la batterie principale passe dans le relais de la station éloignée, sans traverser celui de la station qui envoie.

M. Morse emploie dans la construction de son Télégraphe deux ressorts de rappel : l'un dans l'appareil à écrire, l'autre dans le relais. Dans le premier cas, l'emploi du ressort n'offre pas de grands inconvénients, du moins que je sache.

On emploie toujours un courant à-peu-près constant, et d'une intensité assez grande : de plus, le ressort peut être fortement tendu sans inconvénient et au point que sa tension soit toujours plus grande que le magnétisme rémanent dans l'électro-aimant. Il en est tout autrement du ressort de rappel dans les relais. Ici il présente absolument les mêmes inconvénients que les ressorts de rappel dans les récepteurs des Télégraphes à cadran. Il faut donc les supprimer et les remplacer par le moyen que j'ai indiqué plus haut (1). De cette manière, on évite tous les désagréments qu'offre l'emploi de ce ressort, et l'on obtient en même temps une puissance motrice double pour faire fonctionner le relais, ce qui est un avantage d'une grande importance, lorsqu'il s'agit de transmettre des dépêches à de très-grandes distances.

---

(1) Voir paragraphe II.

Le Télégraphe de M. Morse a un autre inconvénient, celui de fonctionner à simple effet. J'ai introduit dans la construction de cet appareil d'autres modifications qui le rendent susceptible de fonctionner à effet double.

Pour plus de clarté, il convient de voir d'abord comment les choses sont établies dans le système ordinaire, et ce qu'il importe d'y changer. Ce système, sauf la clef, est représenté Fig. 4, Pl. XI : L pile locale, M'M' électro-aimant qui imprime le mouvement au fer du levier-plume, W relais, MM son électro-aimant, F armure de fer, et *ba* levier qui le porte, mobile autour de l'axe *xz*; R ressort de rappel du levier attaché au levier *a* et à la plaque en laiton A; *m* vis à pression en laiton, communiquant avec l'un des bouts du fil de l'électro-aimant M'M', l'autre bout de ce fil étant réuni au pôle négatif de la pile L; *n* vis à pression communiquant avec le pôle positif de la pile L et avec un montant en laiton Q, qui porte deux vis en métal D et D', cette dernière isolée à son extrémité pointue. Ces vis sont très-rapprochées l'une de l'autre, et servent à régler le mouvement vibratoire du levier *ba* dans des limites très-restreintes, lorsque le courant est alternativement établi et rompu dans l'électro-aimant MM.

La clef du Télégraphe de M. Morse est disposée de manière que si on l'abaisse jusqu'au point d'entrer en contact avec une lame conductrice qui communique avec le pôle positif de la batterie, le courant de celle-ci est établi dans tout le circuit. Il est interrompu aussitôt que la clef est soulevée, et n'est rétabli que lorsque cette dernière, après une double oscillation, est revenue en contact avec la lame indiquée plus haut. Aussitôt le courant traverse le fil de la ligne, celui de l'électro-aimant MM (Fig. 4), et revient par la terre dans la batterie : en même temps l'aimant temporaire attire l'armature F, le levier *aob* s'abaisse et touche la vis D; la pile locale L se ferme, son courant traverse la vis *n*, Q, D, le levier *acb*, le ressort R, la plaque A, le fil de l'électro-aimant M'M' et retourne dans la pile locale.

Dès que la clef ne communique plus métalliquement avec la batterie principale, le courant est rompu dans tout le circuit; le ressort R ramène le levier *acb* à sa position de repos, la pile locale est ouverte et le levier-plume ramené à sa position initiale à l'aide d'un ressort. Le courant de la batterie et celui de la pile locale sont rétablis et rompus ensemble, mais non pas précisément au même instant mathématique. Ils restent interrompus pendant la

durée d'une double oscillation de la clef. Si l'on imprime à celle-ci des oscillations qui se succèdent à des intervalles de temps inégaux, la plume marque autant de signes inégalement espacés que la clef aura fait de doubles oscillations.

Pour faire produire au Télégraphe deux fois autant de signes qu'en donne dans le même temps le système en usage, il faut disposer la clef de façon que le courant s'établisse à la fin de chaque oscillation simple. A cet effet, je fixe de chaque côté de la position initiale de la clef une lame en cuivre, qui communique avec le pôle positif de la batterie, de telle sorte qu'en oscillant autour de sa ligne de repos la clef touche l'une des lames conductrices dans chacune de ses positions extrêmes. Le courant passe, au moment du contact, par la clef et son support dans le fil de la ligne; et si l'on a soin d'imprimer à la clef des pulsations assez vives pour assurer le contact parfait entre elle et les lames conductrices, à chaque extrémité de son amplitude, on est certain de transmettre un signe à la fin de chaque oscillation simple. Au moment même du contact le courant s'établit dans tout le circuit ; l'électro-aimant MM attire son armature, le levier *boa* va frapper la vis D, et la pile locale se ferme et se rouvre deux fois plus souvent que ne le fait l'ancien système dans le même temps.

Pour construire un télégraphe à double effet et sans ressort de rappel, il faut disposer la clef et le relais tout autrement que dans le système ordinaire. Voici comment je procède dans ce but : je remplace l'armature F par une palette d'acier aimantée et je fixe au-dessus un électro-aimant semblable à MM; je réunis ses fils par un de leurs bouts, de façon qu'ils n'en font plus qu'un et qu'en changeant au moyen de la clef, alternativement en sens contraire, la direction du courant qui les parcourt, ces deux aimants temporaires agissent toujours simultanément et solidairement sur la palette aimantée, l'un par attraction et l'autre par répulsion, et fassent vibrer le levier *acb* entre les vis en métal D et D′ avec une grande rapidité, lorsque le courant passant, de la vis D par le levier et son support dans les électro-aimants et dans la pile, est rompu et rétabli avec beaucoup de célérité.

La clef dont je me sers, est à la fois fort commode et très-simple. Elle se compose d'un axe horizontal en acier V (Pl. XI, Fig. 5) adapté à un support en bois B, d'une manivelle M ajustée à l'axe V, d'un fort ressort S, destiné à rappeler et à maintenir la manivelle dans sa position initiale, d'une pièce rectangulaire en ivoire I

fixée sur la manivelle et portant deux disques semi-circulaires A et A′ parallèles et isolés l'un de l'autre. Le disque A′ n'a qu'une seule dent *c*; l'autre est muni de deux dents à rochet *a* et *b*, séparées par un intervalle assez large, et porte une petite tige horizontale en acier *t* à laquelle est adaptée une plaque en ivoire. Sur celle-ci on taille deux petits plans inclinés en sens inverse, en laissant entre eux la face supérieure de la tige à nu sur une largeur de 1 à 1 ½ millimètre. Un ressort Z communique avec le disque A et le pôle + de la batterie principale; un autre ressort C avec le disque A′ et le pôle — *e*. Trois ressorts R, R′ et R″ ajustés au support B qui porte l'axe V, doivent satisfaire aux conditions suivantes :

1° Lorsque la manivelle M est dans sa position de repos ou initiale, le ressort R, réuni au fil de la ligne, doit communiquer avec le disque A et toucher l'une de ses dents, par exemple *a;* le ressort R″, uni par un fil conducteur à celui des deux électro-aimants du relais, doit communiquer avec la tige *t*, et par conséquent avec le disque A qui la porte; mais dans cette position le ressort R′ ne doit jamais communiquer avec le disque A′ (Fig 5, *a*). Dans ce cas on peut recevoir, mais non pas envoyer des dépêches.

2° Dès qu'on met en mouvement la manivelle de la gauche vers la droite, les deux disques A et A′ et la tige *t* tournent de la droite vers la gauche (Fig. 5, *b*); le ressort R″, glissant sur le plan incliné de la droite, s'isole de la tige *t;* immédiatement après, le ressort R′ doit toucher le disque A′, tandis que R continue de rester en contact avec le disque A. Dans cette position de la clef on peut transmettre, mais non pas recevoir des nouvelles.

3° Lorsque la manivelle est ramenée dans sa position initiale, on peut, au contraire, recevoir, mais non pas donner des communications.

4° Il va sans dire que lorsqu'on tourne la manivelle M de la droite vers la gauche (Fig. 5, *c*), le ressort R″ glissant sur le plan incliné de gauche, est isolé, que R vient en contact avec la dent *e* du disque A′, et R′ avec la dent *b* du disque A; que, par conséquent, la direction du courant est changée et que l'on peut de nouveau transmettre, mais non pas recevoir.

On assure les contacts entre les disques et les ressorts, en fixant au-dessus de ceux-ci des lames ou vis d'arrêt. Il faut, en outre, donner aux dents des disques une largeur convenable et les espacer assez pour qu'elles puissent remplir les conditions indiquées plus haut. On satisfait encore à ces dernières, en donnant à cha-

cun des disques deux dents suffisamment espacées pour que les ressorts R et R′ touchent *a* et *c*, lorsque la manivelle tourne vers la gauche, et soient, au contraire, isolés si elle tourne à droite. Alors deux autres ressorts T et T′, isolés dans le premier cas, touchent celui-là la dent *b* en communiquant avec R′, celui-ci la dent *d* en entrant en contact avec le ressort R (Fig. 6, *c*, *d* et *f*).

La clef que je viens de décrire est d'un emploi très-facile. Il suffit de faire mouvoir vivement la manivelle de droite à gauche et *vice-versâ*, jusqu'au point d'entrer en contact avec une plaque d'arrêt fixe; la forte résistance qu'on éprouve et le bruit sec qu'on entend chaque fois qu'elle frappe cette dernière indiquent que l'appareil fonctionne convenablement.

C'est la faculté que donne cette clef de pouvoir changer la direction du courant et de le faire agir après chaque oscillation simple, qui fait que dans le nouveau système on produit cent signaux dans le même espace de temps qu'on n'en produit que cinquante dans l'ancien. Il est facile de comprendre l'importance de cette modification.

Depuis longtemps on a cherché à transmettre avec plus de rapidité les communications au moyen du Télégraphe à écrire.

M. Steinheil a essayé d'écrire sur deux lignes parallèles avec deux leviers-plumes et deux clefs; mais son système n'a pas été introduit dans la pratique. M. Stachrer, mécanicien intelligent de Leipsig, se sert, sur les lignes télégraphiques de la Saxe, du même système modifié. Il écrit, comme M. Steinheil, sur deux lignes parallèles. Son relais se compose de deux aimants artificiels, de deux armatures de fer et d'un électro-aimant. Il emploie deux clefs, deux leviers-plumes et deux électro-aimants pour les mouvoir. Chacune des plumes fonctionne à l'aide de l'un des électro-aimants et de l'une des clefs, et le télégraphiste opère à volonté avec l'une de ces dernières, mais toujours avec une seule à la fois. Ce système est assez compliqué; il présente l'avantage qu'on peut se servir deux fois du même signe : par exemple, un point sur la ligne à droite signifie *e*, et sur la ligne de gauche *i*. Une petite ligne représente *a* sur la ligne de gauche, et *u* sur celle de droite. Ainsi Stachrer, en écrivant des lignes et des points sur chacune des deux lignes parallèles, dispose en réalité de quatre signes élémentaires pour représenter les lettres.

Voici l'alphabet qu'il a adopté.

ALPHABET POUR DEUX PLUMES ÉCRIVANT ALTERNATIVEMENT.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m
		—			—.	.—	.	.	..	.	
—	—.	.	.—	.			..		.	..	...
n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	z	
	...	—		..	.	.	—	.	..	.	
..		.	.—		.	.		—	.	..	

En général on écrit les signes représentant les lettres sur la même ligne, mais on compose l'alphabet de trois manières différentes; on forme les lettres : 1° avec quatre signes élémentaires : de courtes et de longues lignes, des points également espacés, et des points inégalement espacés; 2° avec trois signes élémentaires diversement combinés : des lignes, des points également espacés et des points inégalement espacés; 3° avec deux signes élémentaires : des signes et des points différemment combinés.

Le mode de représenter les lettres par des points et des lignes est le plus simple de tous. Soixante-douze points et lignes convenablement réunis suffisent pour former, à l'exemple de Steinheil (1), toutes les lettres de l'alphabet. Staehrer compose tout l'alphabet avec cinquante signes élémentaires, d'où il résulte que son Télégraphe transmet les dépêches avec plus de rapidité que ceux qui n'écrivent qu'avec une seule plume.

Mais je pense, avec M. Steinheil, qu'un Télégraphe avec deux clefs et deux plumes offre plus de difficulté pour écrire rapidement que ceux avec une clef et une seule plume, et l'on peut, ce me semble, ajouter qu'il présente aussi plus de chances d'erreur. En effet, le relais du Télégraphe du mécanicien de Leipsig se compose d'un électro-aimant, de deux gros aimants, de deux palettes aimantées, et de deux ressorts de rappel (2). C'est réunir trop d'organes différents pour en composer un appareil unique.

J'écris, comme Staehrer, sur deux lignes parallèles, en suivant un procédé bien plus simple que le sien. Je me sers de la clef décrite ci-dessus et d'un relais très-simple (voir paragraphe XII) qui permet au stationnaire de faire passer le courant de la pile locale

(1) Journal de Dingler, vol. 115.
(2) Ibid. vol. 124. 1852.

à volonté dans l'un ou dans l'autre des électro-aimants, et de faire par conséquent fonctionner celle des deux plumes qu'il a en vue.

S'il tourne la manivelle de la clef de sa position initiale vers la gauche, par exemple, qu'il la ramène ensuite à la ligne de repos ou verticale sans dépasser celle-ci, et qu'il répète la même opération autant de fois qu'il veut envoyer de signes, le courant de la batterie est transmis chaque fois que la manivelle est inclinée, et interrompu toutes les fois qu'elle est ramenée à sa position initiale; par suite le courant de la pile locale est établi et interrompu un égal nombre de fois dans l'un des électro-aimants, et la plume que celui-ci met en mouvement marque tous les signes transmis. Pour faire fonctionner l'autre plume, il n'a qu'à tourner la manivelle de la clef vers la droite et répéter la même opération. Mais il faut préférer à ce système celui avec une clef et une plume, à double effet et sans ressort de rappel. On dispose le levier *bca* du relais sur son axe entre les deux électro-aimants, de telle façon que s'il est en repos, son extrémité *b* ne touche ni la pointe D ni celle D′, afin que la pile locale ne soit pas fermée. On trouvera une autre disposition du relais dans le paragraphe suivant.

Pour écrire sans pile locale, je procède comme suit :

Je prends du papier suffisamment résistant, mais beaucoup plus doux que le papier employé jusqu'ici en télégraphie, et une plume tronquée en acier dur aussi pointue que le papier le permet (1), en lui donnant un levier au moins deux fois plus court que celui de la force motrice. Le système complet est représenté Fig. 6, Pl. XI. B planche en bois portant tout l'appareil, *ab* axe horizontal du levier *od* de la plume *p* monté sur un support en cuivre B′; 2 ... 2 bande de papier glissant à l'aide d'un mécanisme particulier (2) au-dessous de la plume, sur un cylindre où est tracée une petite rainure correspondant à la plume, *mm* lame en bois fixée en *d* transversalement au levier horizontal *od*; EE et E′E′ deux électro-aimants verticaux fixés sur la planche B, l'un à côté de l'autre, leurs pôles se trouvant dans le même plan vertical. F et F′ palette de fer (ou deux palettes séparées) suspendue à des pointes horizontales en acier au-dessus et très-près des deux électro-aimants

(1) Dans mes essais je me suis souvent servi de feuilles d'étain un peu épaisses.

(2) Ce mécanisme n'est pas représenté tout entier dans la figure.

et reposant à l'état de repos sur la lame en bois *mm*; *r* ressort empêchant la plume *p* de marquer lorsque le courant ne traverse pas les électro-aimants; F″ palette de fer horizontale fixée en *d′* sur le prolongement du levier de la plume *od*; E″E″ électro-aimants verticaux fixés au-dessus de cette palette contre un montant en bois.

J'enroule le fil conducteur sur les quatre électro-aimants de telle façon que, lorsqu'il est animé par le courant de la pile, ceux-ci attirent tous les quatre à la fois, les deux premiers la palette voisine et les autres la palette F″. Ces attractions conspirent toujours pour abaisser et faire marquer la plume sur le papier. En changeant la direction du courant à l'aide de la clef décrite plus haut, le magnétisme rémanent est détruit, le ressort *r* soulève instantanément le levier *od* et la plume *p;* des pôles contraires sont développés dans les électro-aimants; mais malgré ce changement de la direction du courant, ceux-ci attirent de nouveau les palettes de fer, et la plume marque une seconde fois. En répétant la même opération avec rapidité un grand nombre de fois, la plume écrit de la même manière que si elle est mue par la pile locale.

Dans ce système les électro-aimants n'agissent que par attraction, et le magnétisme permanent est constamment détruit par l'action du courant dirigé alternativement en sens contraire, ce qui est très-avantageux. De plus la résistance du ressort *r* est constante et faible. Il suffit qu'il empêche la plume toujours en contact ou à-peu-près avec le papier, d'y pénétrer pendant les courts instants où le courant de la batterie est interrompu. En me servant d'une vieille pile *Daniell* de six éléments, j'ai pu écrire d'une manière très-lisible, lorsque le courant passait par 800 mètres de fil fin enroulé sur deux des trois électro-aimants (1), et, en outre, par un électro-bobine de résistance de 50 kilomètres.

Je suis parvenu à un résultat semblable et même un peu meilleur, en faisant osciller un électro-aimant entre les pôles de deux aimants fixes, de la force de 5 à 6 kilogrammes chacun. Un électro-aimant EE′ de 800 mètres de fil fin, pesant environ 280 grammes, en équilibre stable dans sa position horizontale, est suspendu à deux pointes horizontales en acier trempé. Devant l'une de ses extrémités est placé de champ un aimant A, et devant l'autre un aimant semblable A′, leurs pôles et ceux de l'électro-aimant étant situés

(1) Ce courant ne passait pas par le fil du troisième électro-aimant.

dans le même plan vertical. J'adapte latéralement à l'électro-aimant la tige T près de E, et celle T′ près de E′, en le fixant devant les pôles des aimants et au-dessus de la lame en cuivre *mm′*, ajustée en *d* au levier *od* de la plume *p* (Fig. 6), de façon que si on le fait osciller vivement, les tiges T et T′ pressent, l'une après l'autre, avec force sur la lame *mm′*, en abaissant et faisant marquer chaque fois la plume *p* sur le papier.

Lorsque, l'appareil étant ainsi disposé, le courant de la pile qui a servi dans l'expérience précédente, est conduit avec célérité, alternativement en sens contraire dans le fil de l'électro-aimant, celui-ci se met à vibrer entre les pôles des aimants avec une grande rapidité. Aussitôt qu'il s'incline d'un côté ou de l'autre, l'une des tiges frappe vivement la lame *mm′* et la plume s'abaisse en marquant un signe; le courant changeant de direction, le ressort soulève instantanément la plume, l'autre tige frappe la lame *mm′* et la plume s'abaisse de nouveau en écrivant un second signe. Chacun des chocs communiqué à la lame *mm′* par l'électro-aimant abaisse et fait écrire la plume, et elle est soulevée par le ressort pendant le temps qui s'écoule entre deux chocs.

La plume marque encore très-distinctement sur le papier, lorsque le courant de la pile traverse à la fois le fil de l'électro-aimant et celui d'une bobine de résistance de 50 kilomètres. Mais si l'on augmente sensiblement cette dernière, la plume cesse d'imprimer des signes nets et distincts.

Je ne puis, pour le moment, donner suite à mes expériences; mais je me réserve de les reprendre en employant de nouveaux moyens d'expérimentation. Il n'est pas à ma connaissance qu'avec une pile aussi faible que celle dont je me suis servi on ait produit des effets aussi considérables. On voit sans peine qu'avec une pile *Daniell* de 24, 30, 40 éléments en bon état, j'aurais sans doute pu écrire distinctement, tout en faisant passer le courant par une bobine de résistance de 5 à 6 fois 50 kilomètres, c'est-à-dire que j'aurais pu écrire des dépêches à une distance de 250 kilomètres, abstraction faite de toute perte de force que le fil de la ligne peut éprouver.

De plus, les dispositions de mes appareils sont telles qu'elles permettent de leur faire produire des effets plus grands. Je puis donner aux électro-aimants de l'appareil (Fig. 6) de très-grandes dimensions, puisqu'il n'y a point d'aimant permanent qui agisse sur le fer. Le magnétisme restant au moment de l'interruption du

courant ne suffit jamais pour empêcher la plume de se soulever un peu, et il est d'ailleurs, immédiatement après l'interruption, détruit par le courant contraire renaissant. Enfin on peut faire fonctionner à volonté 2, 3 et 4 électro-aimants simultanément.

Dans l'appareil Fig. 7 je puis remplacer l'électro-aimant droit par deux petits électro-aimants recourbés, de même poids que le premier, et me servir en même temps d'aimants fixes de la force de vingt, vingt-cinq, etc. kilogrammes (Fig. 7, *b*). Enfin rien n'empêche de faire agir à la fois sur le levier-plume un électro-aimant oscillant et un ou deux électro-aimants fixes, ces derniers soulevant l'un des bras du levier-plume, en même temps que l'autre est abaissé par l'une ou l'autre tige de l'électro-aimant mobile.

Je parviendrai ainsi, je l'espère, à me procurer des forces motrices plus grandes que celles dont je puis disposer dans ce moment, même en me servant d'une pile assez forte. Toutefois, ce sont les expériences que je vais entreprendre, qui décideront à quelle distance je pourrai, à l'aide des moyens indiqués plus haut, écrire avec certitude sans pile locale. Mais cette distance ne fut-elle que la moitié, le tiers, ou même le quart de celle à laquelle on envoie les dépêches imprimées, en se servant de la pile locale, les résultats seraient encore très-beaux. Mon appareil, plus simple dans sa construction que l'ancien et permettant en même temps d'éviter les chances d'erreur qui peuvent provenir du mode de fermer et d'ouvrir la pile locale par le relais, pourra servir dans des cas très-divers. Le Télégraphe qui écrit les dépêches, présente des avantages tels, qu'il finira sans doute par servir à établir des communications d'un établissement à un autre dans la même ville. Il devient surtout utile de supprimer la pile locale, lorsqu'on se sert de translateur pour envoyer les dépêches (paragraphe XII).

Au lieu de transmettre avec la clef représentée dans ses diverses positions (Fig. 5), on peut se servir d'un clavier d'une construction particulière, qui n'a qu'un nombre de touches égal à celui des signes élémentaires qui forment la lettre la plus composée : par exemple, on donne au clavier 4, 5 ou 6 touches au plus, suivant l'alphabet qu'on adopte. Devant chaque touche principale, sur le même rayon, on en adapte une autre plus petite disposée de façon que, si l'on abaisse celle-ci, en maintenant l'autre déprimée, on rétablit le courant qui avait été rompu, aussitôt que le levier d'arrêt du changeur arrive en contact avec la touche principale.

Par ce moyen on ferme la pile locale et on la maintient fermée pendant les quelques instants que les deux touches restent abaissées; par suite la plume trace une petite ligne. Elle cesse de marquer aussitôt que le télégraphiste, retirant la main des touches abaissées, le changeur tourne de nouveau. On voit que pour marquer des points avec la plume, on n'abaisse que les touches principales, et que pour lui faire tracer de petites lignes, on presse d'abord sur une touche principale, puis aussitôt après sur la petite touche devant celle-ci. Dans ce dernier cas, il faut que le courant ne soit pas interrompu au moment où le changeur est arrêté.

Quand on sait l'alphabet par cœur, on s'habitue en quelques jours à transmettre les dépêches très-facilement et avec une grande rapidité. Mais depuis que j'ai découvert la clef décrite plus haut, qui me permet de rendre à double effet le Télégraphe à écrire, je la trouve plus simple, et pour le moins aussi expéditive que le transmetteur à clavier. L'opération avec la clef est si commode, si sûre et si prompte, que je ne vois pas quel autre transmetteur on pourrait lui substituer avec avantage. En introduisant dans l'alphabet des points et trois lignes de diverses longueurs, j'ai combiné ces quatre signes élémentaires de façon à réduire de 72 à 42 le nombre de signes nécessaires pour représenter toutes les lettres de l'alphabet. Si la seconde ligne est égale au double et la troisième au triple de la première, l'œil les distingue facilement les unes des autres. Ainsi on diminue de beaucoup le nombre de mouvements qu'il faut imprimer à la plume pour transcrire les dépêches, et on augmente par conséquent la vitesse de transmission.

Mais comme le Télégraphe que j'ai perfectionné, écrit deux fois plus vite que le système en usage, il importe peu de diminuer le nombre des signes élémentaires de l'alphabet, et dès-lors il convient, ce me semble, d'adopter celui qui est le plus simple de tous et dans lequel l'on ne se sert que de points et de lignes, sans avoir égard à leur longueur.

En résumé, je crois avoir démontré dans ce paragraphe les points suivants :

1° Comment on peut disposer le Télégraphe de M. Morse pour le faire écrire deux fois plus vite, en employant une clef d'une construction particulière et en conduisant le courant de la pile locale, alternativement par deux vis métalliques D et D′ (Fig. 4) dans le relais, et de là, par le ressort de rappel, dans le fil des électro-aimants moteurs de la plume et dans la pile locale.

2° J'ai disposé le Télégraphe à écrire de telle façon qu'il est à double effet, sans ressort de rappel, et que la force motrice du relais est au moins deux fois plus grande que cette même force dans le système ordinaire.

3° Comment on peut écrire, au moyen d'un relais très-simple, d'une seule clef, et deux plumes marquant l'une après l'autre, sur deux lignes parallèles.

4° J'ai construit un appareil susceptible d'écrire à des distances assez grandes, sans pile locale, en indiquant en même temps des dispositions nouvelles qui permettent d'agrandir beaucoup les effets antérieurement obtenus par moi.

XII.

Appareil pour transmettre les dépêches à des stations éloignées, en omettant les stations intermédiaires. — Translateur. — Relais.

On sait que le relais sert à faire fonctionner la pile locale : mais les distances auxquelles on veut transmettre des dépêches peuvent être si grandes, que le courant d'une batterie, même très-forte, est trop affaiblie dans son parcours par diverses causes (paragraphe XIII), pour que le relais puisse encore ouvrir et fermer la pile locale avec l'énergie et la célérité nécessaires. Dans ce cas, on est obligé de limiter les distances que le courant de la batterie doit parcourir et de faire copier les dépêches de station à station, ou bien de disposer le relais de façon qu'il puisse faire fonctionner, non pas une pile locale, mais une batterie principale, placée à grande distance de la station avec laquelle on veut communiquer.

Les appareils qui servent à cet usage ont été désignés sous le nom de *translateurs* par M. Steinheil, qui les a appliqué le premier au système de Morse. Ils se composent chacun essentiellement de deux appareils à écrire, réunis d'une manière particulière, et des indicateurs placés dans la direction de la ligne. Le levier-plume de chaque station communique avec la batterie principale de telle façon que, s'il fonctionne ou semble fonctionner, il ouvre et referme la batterie principale précisément comme le fait le relais pour la pile locale. Les indicateurs sont mobiles autour de leurs axes. On place leurs aiguilles sur le mot *translateur*, lorsqu'on veut communiquer

directement en dépassant des stations intermédiaires. Dans le cas contraire, on transmet à la manière ordinaire.

Pour envoyer une dépêche de la station A à celle D, en omettant les deux intermédiaires B et C, on commence par indiquer à la station B la lettre initiale de la station D : en B on répète le même signe à la station C, qui le transmet à la station D; aussitôt les translateurs sont disposés aux diverses stations, dans les directions des lignes, et les indicateurs mis sur le signe « *translateur*. » On transmet de A; le levier-plume imite les signes transmis; le courant de la batterie principale passe dans le fil du relais en B, ouvre la pile locale et retourne par la terre en A; le levier-plume en B se soulève et ferme la batterie; le courant de celle-ci passe dans le relais à la station C et retourne en B; le levier-plume ferme la batterie en C, le courant passe dans le relais en D, et retourne par la terre en C; la pile locale se ferme à la station D et le levier-plume marque un signe. Si le courant est interrompu, puis rétabli en A, il l'est dans chacune des stations, le levier-plume écrit un second signe à la station D, et ainsi de suite. Ce n'est qu'à cette dernière qu'il écrit, tandis qu'aux autres il ouvre et ferme la batterie par ses mouvements, en simulant de marquer.

La conception des translateurs est ingénieuse, comme le sont en général les découvertes de M. Steinheil, mais leur emploi est difficile et compliqué; je ne les connais que par une simple indication (1). M. Steinheil même recommande, dans l'emploi de ces appareils, des précautions qu'il est à-peu-près impossible de réaliser. Ils sont à l'essai depuis 8 à 10 mois dans le Würtemberg et la Bavière. L'expérience décidera jusqu'à quel point on pourra s'en servir avec avantage. Mais on peut dire, dès à présent, que les obstacles à surmonter, en se servant de ces translateurs, sont assez grands.

En effet, M. Steinheil recommande d'employer des courants très-constants, et, pour reconnaître s'ils sont tels, d'intercaler dans les fils des lignes des boussoles et des rhéostats, puis de régler les effets des relais à l'aide de leurs ressorts de rappel. Or, les piles ne restent jamais constantes; les indications des boussoles sont quelquefois incertaines et trompeuses, le rhéostat offre une résistance à vaincre; le réglage des ressorts de rappel est gênant, il

(1) Numéro 213 de la *Gazette d'Augsbourg*, 1852.

occasionne une perte de temps, et en même temps une résistance réelle à surmonter par le courant.

Il se présente encore d'autres difficultés : quel que soit le Télégraphe employé, on commet de temps en temps des erreurs, et, dans ce cas, lorsqu'un seul signe est mal donné par le premier translateur, il est mal donné par les suivants; et si chacun de ceux-ci indique mal à son tour l'un ou l'autre signe, la dépêche finit par devenir inintelligible et arrive à la dernière station dans un état de complète confusion; par conséquent il faut la vérifier, ce qui exige plus de temps qu'il n'en faudrait pour la transmettre à la manière ordinaire.

C'est ici surtout qu'on voit combien il importe d'avoir des relais d'une très-grande sensibilité. Tous ceux qui sont employés dans les Télégraphes à écrire présentent les inconvénients exposés dans le Paragraphe 1. Ceux que je propose dans celui qui précède sont doués d'une sensibilité double. J'en ai construit deux qui, ce me semble, peuvent remplacer avec avantage les translateurs, même dans le cas où l'expérience démontre l'utilité de ceux-ci. Ils peuvent être employés pour communiquer les dépêches, comme on le fait à l'aide de translateurs; mais ils peuvent aussi servir à en éviter l'emploi, en raison de leur très-grande sensibilité. Dans ce dernier cas, la transmission devient beaucoup plus simple, plus sûre et plus prompte.

Le premier relais se compose de deux doubles électro-aimants AA′, BB′ (Fig. 8, Pl. XI), fixés sur une tablette en acajou MM, au moyen de deux traverses C,C′ et de quatre vis de pression v,v',v'',v'''. Une plaque en laiton Q, fixée sur la traverse C, porte une pièce rectangulaire en ivoire I, à laquelle sont vissées quatre lames solides en laiton S, S′, S″, S‴, munies respectivement des vis R, R′, R″, R‴. La lame S, pourvue d'un bouton en cuivre b et communiquant avec le fil de la ligne, est réunie en croix à la lame S‴ par un fil en cuivre r, et la lame S′, munie d'un bouton en cuivre b' et réunie avec la terre, est reliée en croix à S″ par un autre fil en cuivre r' isolé de r. Une palette aimantée verticale P, suspendue à des vis horizontales en acier a et a' entre les deux électro-aimants, porte quatre lames flexibles en laiton p et p', q et q' isolées d'elle : les deux premières communiquent entre elles, avec la vis a, la lame en laiton m et le pôle positif d'une batterie voltaïque, tandis que les deux autres q et q' communiquent entre elles, avec la vis a, la lame en laiton m', et le pôle négatif de la batterie. Deux vis V

et V′ servent à rapprocher et à éloigner à volonté les électro-aimants de la palette aimantée P.

Un relais semblable se trouve à chaque station extrême, et deux à chacune des stations intermédiaires qu'on veut dépasser; l'un sert à donner et l'autre à recevoir, à l'aide de la même batterie. Aussitôt qu'on transmet à la station A, le courant passe par le fil de la ligne dans celui des électro-aimants du relais à la station B et retourne en A; ceux-ci déplacent la palette aimantée P de gauche vers la droite, par exemple; les palettes p et p' viennent en contact immédiat avec les vis R et R′; le courant de la batterie est établi; il parcourt le fil de la ligne et celui des électro-aimants du relais à la station C et revient en B. Ces derniers électro-aimants ferment la batterie à la station C, le courant passe à la station D dans le récepteur d'un Télégraphe à cadran ou dans le relais d'un Télégraphe à écrire. Dans le premier cas, l'aiguille passe du signe + à la lettre A, et dans le second le relais ferme la pile locale et le levier-plume marque un signe. Lorsqu'on interrompt et qu'on change la direction du courant à la station A, il l'est à chacune des autres stations, et, à la dernière, l'aiguille du cadran saute à la lettre suivante, ou bien la plume du Télégraphe marque un second signe.

Les lames p, p', q et q' sont très-flexibles et très-rapprochées des vis en cuivre R, R′, etc.; leur bras de levier commun est très-court; les électro-aimants sont de leur côté très-près de la palette aimantée; par conséquent, le relais est d'une très-grande sensibilité, et les contacts entre les conducteurs mobiles et fixés, pour le passage du courant, sont parfaitement établis. Lorsque le relais est en repos, la palette p est un peu inclinée, les lames touchent les vis et la batterie est fermée. Mais ceci n'est pas un inconvénient, puisqu'il est de règle que le poste qui reçoit une communication directe se remet sur la position de la correspondance ordinaire, immédiatement après la réception de la dépêche.

J'ai fait fonctionner le relais décrit ci-dessus d'une manière très-régulière, en me servant de 22 éléments faibles d'une pile *Daniell*, et en conduisant le courant par une électro-bobine de résistance de 1100 à 1200 kilomètres de fil de fer de 4 millimètres de résistance. La vitesse de l'appareil correspondait, malgré la très-grande résistance que le courant avait à surmonter, à celle de l'aiguille d'un récepteur qui faisait un tour complet en moins d'une seconde et demie. On peut accroître encore la force motrice de l'appareil,

en employant (Paragraphe IV) une double palette aimantée et quatre électro-aimants, réunis de telle façon que leurs actions sur le double aimant soient toujours conspirantes.

Le second relais, dont je me sers, surpasse le premier en sensibilité. Il consiste essentiellement en un Télégraphe avec multiplicateur à trois aiguilles et deux électro-aimants (Paragraphe V). En me servant de cet appareil pour relais, je change alternativement la direction du courant en sens inverse, sans jamais devoir l'interrompre plusieurs fois de suite, comme c'est le cas lorsqu'il doit servir comme Télégraphe; dès-lors je puis employer des aiguilles plus fortes et rapprocher les électro-aimants jusqu'à un ou deux millimètres des pôles de l'aiguille, qui est à la face postérieure du multiplicateur. Par là, j'augmente la sensibilité du relais. Lorsque le courant passe par le fil de celui-ci, l'aiguille fixée à la face antérieure du multiplicateur frappe vivement contre une lame flexible en métal, par exemple, contre *a* (Fig. 9, Pl. XI); mais aussitôt qu'on change la direction du courant, elle va frapper avec énergie la lame flexible *b* du côté opposé.

Ces lames-ressorts *a* et *b* sont en contact intime, par leurs extrémités supérieures, avec une plaque en laiton M (Fig. 9), lorsque les aiguilles du multiplicateur sont dans la position de repos ou verticale, et reviennent toujours en contact avec elle, aussitôt que la force qui les en écarte cesse d'agir. La lame *a* communique par son extrémité inférieure avec l'un des bouts des électro-aimants, soit du récepteur d'un Télégraphe à cadran, soit d'un appareil à écrire, l'autre bout du même fil étant réuni au pied de la lame *b*. L'axe des aiguilles, bien isolé, est constamment en communication avec le pôle positif, et la plaque M avec le pôle négatif de la pile locale.

Quand le courant électrique passe de la station A dans le relais placé à la station B, les aiguilles de celui-ci dévient; celle qui est à la face antérieure touche, par exemple, la lame ressort *a*; aussitôt le courant de la pile locale passe de l'axe par l'aiguille, la lame *a* par le fil du multiplicateur et des électro-aimants, et retourne par la lame *b* et la plaque M dans la pile. Par conséquent, l'aiguille du récepteur saute du signe + à la lettre A, ou le levier-plume marque un signe. Les aiguilles du multiplicateur, surtout celle qui est à sa face postérieure, étant très-près des électro-aimants, restent inclinées, même après l'interruption du courant; mais aussitôt qu'on change la direction de celui-ci, elles dévient en sens con-

traire; celle de la face antérieure frappe avec énergie la lame-ressort *b*, tandis qu'en même temps la lame *a* se remet en contact avec la plaque M; le courant de la pile locale passe, cette fois, de l'aiguille dans la lame *b*, traverse le multiplicateur et les électro-aimants, et retourne par la lame *a* et la plaque M dans la pile; en même temps il se produit un second signe, et ainsi de suite. Ce relais est d'une grande sensibilité, mais il doit être construit de façon que l'aiguille qui transmet le courant, n'oscille pas ou presque pas pendant qu'on change la direction de ce dernier. Si dans ce moment elle frappait deux fois de suite la même lame-ressort, ou bien l'une, puis l'autre, le récepteur ou l'appareil à écrire marquerait des signes que le télégraphiste n'a pas l'intention d'envoyer. Je m'occupe en ce moment d'amortir les oscillations des aiguilles du relais décrit ci-dessus. Si j'y parviens, comme quelques essais me le font espérer, il sera à la fois sûr et très-sensible. Mais dans le cas contraire, on ne pourrait s'en servir avec confiance que lorsqu'on n'envoie pas les dépêches avec une grande célérité.

Le principe d'après lequel le relais à aiguilles est construit présente ce grand avantage, qu'il permet de changer la direction du courant de la pile locale, alternativement en sens inverse, par le contact de l'aiguille qui transmet ce courant avec une seule des deux lames-ressorts *a* et *b*. La marche du relais devient ainsi à la fois plus sûre et plus facile. En appliquant le même principe au premier relais (Fig. 9, Pl. XI), je l'ai encore amélioré, tant sous le rapport de la sensibilité que sous celui de la certitude de transmission des signaux. J'ai donné au changeur (Fig. 9) une disposition différente, représentée Fig. 10.

Une palette aimantée NS est suspendue verticalement entre deux électro-aimants EE et E′E′, à l'aide d'un axe horizontal *zx*; cet axe lui-même repose sur deux supports en laiton A et A′, fixés sur une tablette en acajou et portant: le premier une vis de pression en laiton *a*, et l'autre une vis semblable *b*. Au point O de la palette est soudée une tige en cuivre F, longue d'environ 8 millimètres, terminée horizontalement en forme de T par une lamelle épaisse en cuivre doré ou platiné *ll′*. Aux montants en laiton PQR est adaptée, au-dessus de la palette aimantée, une pièce en ivoire I à laquelle on fixe horizontalement par les extrémités *m*, *n* et *d* les deux lames-ressorts en acier doré *mm′* et *nn′*, ainsi que la tige *dd′*, terminée en forme de T par une lamelle solide en cuivre doré *ss′*.

Tout est disposé de façon que, la palette aimantée étant en repos,

les extrémités libres m' et n' des deux lames-ressorts sont en contact intime avec les deux bouts s et s' de la tige dd', et séparées de $^1/_5$ ou $^1/_6$ de millimètre des bouts l et l' de la tige F (1). S'il y a contact du bout l avec la lame-ressort mm', ou du bout l' avec la lame-ressort nn', la pile locale est fermée pendant que le relais ne travaille pas. Ceci n'a pas d'inconvénient, lorsque l'appareil ne sert que pour les communications directes, qui ne durent chaque fois qu'un temps très-court et fixé à l'avance par le stationnaire qui les demande. Mais lorsque le relais sert pour toutes les transmissions, comme dans le Télégraphe à écrire, on interrompt le circuit de la pile locale au moyen d'un commutateur qu'on place sur le réveil. Dès qu'on entend le bruit de la marche du relais ou celui du réveil, on rétablit la communication entre le relais et la pile locale. Le pôle positif de cette pile communique à la fois avec les vis de pression a et b; la lame-ressort mm' est réunie à l'un des bouts du fil des électro-aimants d'un récepteur ou d'un appareil à écrire, tandis que l'autre bout de ce fil communique avec l'autre lame-ressort $n'n'$.

Aussitôt que le stationnaire transmet une dépêche, la palette aimantée du relais vibre rapidement; la tige F porte le courant alternativement dans les lames-ressorts mm' et nn'; il passe, par exemple, de la première dans les électro-aimants, revient par la seconde, par le bout s', et retourne par la tige dd' dans la pile. L'instant d'après le courant suit une direction contraire en traversant la lame-ressort nn', ainsi que les électro-aimants, et en revenant par celle mm', par s et par la tige dd', dans la pile.

La marche du relais décrit ci-dessus est très-sûre et sa sensibilité est extrêmement grande. Cette dernière surpasse de beaucoup celle du récepteur qui a servi pour toutes les expériences énumérées dans le Paragraphe IV. Dans ce dernier récepteur le rapport de longueur des leviers de la puissance et de la résistance est de un à trois, tandis qu'au contraire ce même rapport dans le relais dont il s'agit en ce moment est de un à un.

---

(1) On isole la tige F des lames mm' et nn', en fixant au-dessus de ll' un très-faible ressort disposé de façon à maintenir la palette aimantée, et, par suite, la tige elle-même dans une position verticale, lorsque le relais ne fonctionne pas. Ce ressort occasionnerait une faible résistance, mais l'appareil reste encore très-sensible; toutefois, il est encore préférable de supprimer le ressort.

Le levier de la tige F, qui déplace les lames-ressorts, n'est que de 18 à 20 millimètres, et la résistance que celles-ci offrent est plus faible que la résistance que la force motrice doit surmonter dans le récepteur. Or, je me sers dans celui-ci et dans le relais précisément des mêmes électro-aimants et de la même palette aimantée. Par conséquent, si 22 éléments d'une pile *Daniell* ont pu (Paragraphe IV) faire décrire à l'aiguille du récepteur un tour entier en une demi-seconde, le courant passant par une électro-bobine de résistance de 1000 à 1200 kilomètres, à plus forte raison ces vingt-deux éléments peuvent-ils faire marcher le relais placé à la distance de 1200 kilomètres de la station qui transmet, abstraction faite de toute perte de courant sur la ligne. Cela est si vrai que six éléments d'une vieille pile *Daniell* m'ont suffi pour faire marcher le relais ci-dessus, lorsque le courant passait par une électro-bobine de résistance de 314 kilomètres. On peut même accroître encore beaucoup (surtout s'il s'agit de très-longues lignes télégraphiques), la sensibilité du relais ci-dessus, en se servant (Paragraphe IV) d'une double palette aimantée et de quatre électro-aimants au lieu de deux.

Le relais que je viens de décrire permet de changer la direction du courant alternativement en sens contraire, ou bien de l'interrompre simplement et de le rétablir, à la volonté de l'opérateur. On peut s'en servir dans tous les Télégraphes en usage; il devient même indispensable, dans mon opinion, lorsqu'on veut supprimer le ressort de rappel dans le relais du système à écrire et rendre cet appareil à double effet. Il en est encore de même lorsqu'on supprime le ressort de rappel dans le récepteur d'un Télégraphe à cadran, et que la très-grande distance de la ligne exige qu'on se serve d'une pile locale. Il pourra aussi servir de translateur, dans le cas où l'expérience justifierait l'usage de ce dernier. Enfin il permet de transmettre directement à des distances beaucoup plus grandes que ne le permettent les relais ordinaires; mes expériences m'autorisent à porter la distance au double.

En résumé, on voit que :

1° La transmission des dépêches, à l'aide des translateurs, est compliquée et moins sûre que le mode de communication ordinaire. L'expérience n'a pas démontré jusqu'ici qu'on peut s'en servir sans inconvénient.

2° J'ai construit un appareil qui peut remplacer les translateurs

ALPHABET.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
J	K	L	M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X	Y	Z	É
(') Apostrophe	(–) Trait d'union	(.) Point	(;) Point d'interrog	(,) Virgule	Alinéa	( ) Parenthèse	" Guillemets	— Souligné

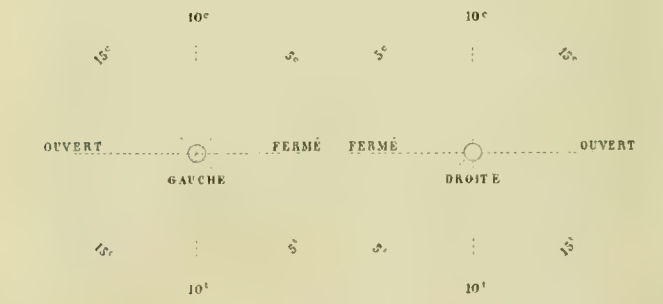
Les trois derniers signaux se donnent au commencement et à la fin de chaque passage qu'ils concernent.

ABRÉVIATIONS.

ment	tion	ont.	ant	able	enr.

Les dix chiffres sont représentés par les signaux suivants

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	barre des Fractions



et servir aussi de relais sans ressort de rappel, en permettant même de changer la direction du courant dans la pile locale.

3° Tous les relais employés jusqu'ici, consistant en un seul électro-aimant et un ressort de rappel, offrent les inconvénients de celui-ci et sont, en outre, des électro-moteurs trop faibles pour des transmissions à de très-grandes distances. J'ai proposé un relais qui possède une sensibilité deux fois plus grande que celle des meilleurs relais en usage, sans exiger le moindre réglage. Il permet d'éviter l'emploi des translateurs, quand même ils fonctionneraient bien, et de se servir des communications directes toujours plus simples et aussi expéditives, à mon sens, que celles qu'on pourra établir à l'aide de ces derniers appareils placés à divers postes entre les stations extrêmes.

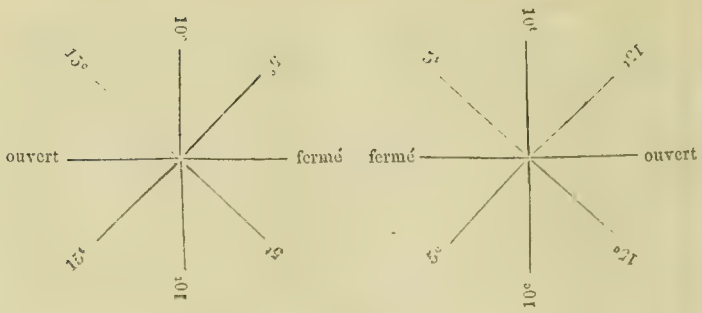
XIII.

Comparaison des divers systèmes de Télégraphes; avantages et désavantages de chacun d'eux. Examen des causes qui peuvent déranger leur marche.

En France, on ne se sert, pour le service public, que de Télégraphes avec les lettres de l'alphabet, et de Télégraphes à signaux aériens. Dans les deux systèmes les transmetteurs ou manipulateurs sont mus à la main par le télégraphiste : les récepteurs sont tous munis de rouages d'horlogerie.

Dans le Télégraphe à signaux aériens le récepteur consiste en deux récepteurs simples réunis, communiquant chacun avec un fil de ligne particulier, et ayant pour roue d'échappement une roue à rochet de quatre dents. Sur le cadran vertical est tracée une ligne noire, horizontale, qui est la ligne de repos (*régulateur*). A chacune des extrémités de celle-ci est fixée, sur un axe horizontal, une aiguille en mica ou en métal. Cette aiguille peut prendre sept positions différentes relativement à la ligne de repos, ainsi que l'indique la figure ci-dessous. L'aiguille de gauche porte le nom d'*indicateur de gauche*, et celle de droite celui d'*indicateur de droite*.

La planche ci-jointe représente les lettres de l'alphabet, et les deux figures qui suivent les dénominations des sept positions différentes que prend chacun des régulateurs.



Lorsque le Télégraphe ne travaille pas, on amène toujours les indicateurs sur la ligne qui porte le mot : *fermé ;* ils se meuvent en sens contraire l'un de l'autre. L'indicateur de gauche tourne de la droite vers la gauche, en passant successivement aux positions désignées par 5 *terre*, 10 *terre*, 15 *terre*, horizontal ; — 15 *ciel*, 10 *ciel*, 5 *ciel*, *zéro*. L'indicateur de droite tourne de la gauche vers la droite de *zéro* aux positions 5 *terre*, 10 *terre*, 15 *terre*, horizontal ; — 15 *ciel*, 10 *ciel*, 5 *ciel*, *zéro*.

Les signaux peuvent être formés soit avec deux manivelles, soit avec une seule. Dans le premier cas, les signaux horizontaux sont faits comme ils sont écrits. Le simple à l'oblique horizontal (\ —) se forme en ouvrant horizontalement l'indicateur de droite. Les signaux verticaux sont précédés de l'indice du vertical (—\ ) et formés ensuite comme s'ils étaient horizontaux, l'indicateur du haut étant reporté à gauche. Le simple à l'oblique vertical suit la même règle.

Lorsqu'on travaille avec une seule aiguille, les signaux se font en deux temps. Quelle soit la manivelle avec laquelle on opère, on fait successivement les deux angles télégraphiques en commençant par la gauche du signal, par exemple, ( ), cinq terre, quinze ciel se représentera avec la manivelle gauche par ( ), cinq terre zéro, quinze ciel zéro ; et avec la manivelle droite par ( ), zéro cinq terre, zéro quinze ciel.

Aux signaux alphabétiques il importe d'ajouter les signes régle-

mentaires ou de convention, qui sont au nombre de douze, représentés par le tableau suivant :

1.	Grande ouverture.	7.	Final.
2.	Grande urgence.	8.	Réception.
3.	Petite urgence.	9.	Attente.
4.	Grande activité.	10.	Congé d'1 1/4 d'heure.
5.	Petite activité.	11.	Répétition de mot.
6.	Erreur.	12.	Non réponse.

La grande ouverture (1) commence toute espèce de transmission. Les signaux d'urgence et d'activité sont donnés à la suite de l'ouverture pour préciser l'importance des dépêches et le sens de leur marche.

La grande urgence l'emporte sur la petite urgence et la petite activité.

La petite urgence l'emporte sur la grande activité.

La grande urgence et la grande activité précèdent les dépêches s'éloignant de Paris. La petite urgence et la petite activité celles qui vont en sens inverse.

Le signal d'erreur (6) annule le signal précédent.

Le signal final (7) annonce la fin de toute espèce de transmission.

La réception (8) indique que la transmission est comprise.

Le signal d'attente (9) sert à indiquer que les agents doivent se tenir prêts à recevoir.

Les congés d'un quart d'heure dispensent les stationnaires de rattaquer, mais n'autorisent pas leur absence.

Le signal de répétition (11) indique que la transmission n'a pas été comprise et qu'elle doit être répétée. Dans les dépêches en lettres, le stationnaire qui transmet donne aussi ce signal à la suite de certains mots pour en demander la répétition.

On indique sur le procès-verbal la non-réponse par le signal (12).

La transmission est en signaux, en lettres ou en phrases conven-

tionnelles : elle commence par la grande ouverture suivie du fermé. Le poste qui reçoit répète immédiatement les mêmes signaux pour indiquer qu'il est prêt à recevoir. La dépêche vient ensuite, précédée des signaux qui indiquent son importance ou son espèce.

Les phrases conventionnelles sont composées de deux signaux, dont le premier est un signal à grande ouverture. Dans les transmissions en signaux, le stationnaire qui transmet donne le fermé après chaque série de dix signaux. L'erreur et le signal qu'elle annule ne sont pas comptés dans l'évaluation des dizaines.

Les transmissions en lettres sont précédées des signaux indiquant leur espèce et le nombre de mots qu'elles contiennent.

Le stationnaire qui transmet se ferme sur chaque mot ; il s'arrête, après chaque série de trois ou quatre mots au plus, jusqu'à ce que son correspondant lui ait indiqué, par un tour de manivelle, que la transmission peut continuer. Les noms propres de personne et des lieux doivent être transmis lentement, et chaque lettre écrite à mesure de sa transmission. Le stationnaire qui reçoit répète immédiatement les mots ainsi transmis. Les mêmes règles sont applicables aux mots suivis du signal de la répétition.

Les nombres seront transmis en toutes lettres ou en chiffres, selon que le portera l'original de la dépêche; mais ils seront toujours répétés lentement et en chiffres par le stationnaire qui reçoit.

Le stationnaire qui transmet est particulièrement responsable des fautes commises sur les nombres et sur les mots répétés.

Lorsqu'une transmission est terminée, celui qui l'a reçue doit, après avoir donné le signal d'attente, indiquer en chiffres le nombre de signaux ou de mots reçus.

Je dois à l'obligeance de M. Alexandre, administrateur des lignes télégraphiques à Paris, un exemplaire du règlement pour le service de la télégraphie en France. J'ai cru ne pouvoir mieux faire que d'extraire littéralement de cette pièce officielle tout ce que je viens de dire sur les signaux alphabétiques, ainsi que sur la nature de leurs transmissions.

Sans la connaissance de ces données, il est impossible de comparer la télégraphie française à celle adoptée dans d'autres pays. D'ailleurs, j'ai eu mainte fois l'occasion de me convaincre que le système du Télégraphe aérien est trop peu connu hors de France et qu'il ne l'est pas même suffisamment dans ce pays.

Voyons maintenant ce que les différents systèmes de Télé-

graphes ont de commun entre eux, et en quoi ils diffèrent les uns des autres.

Il faut évidemment préférer celui d'entre eux qui réunit au plus haut degré ces trois qualités : simplicité dans la construction, rapidité et certitude dans la transmission des signaux. Tous les Télégraphes commettent de temps en temps des erreurs; mais en les comparant entre eux, on ne doit avoir égard qu'à celles qui dépendent de leur construction.

Parmi les Télégraphes, les uns écrivent ou impriment les dépêches, et les autres produisent des signaux fugitifs. Les premiers n'exigent qu'un seul employé à la station de départ pour transmettre. A la station d'arrivée le stationnaire n'a ni à écrire ni à lire les dépêches, il peut même s'absenter pendant la transmission; en effet, aussitôt que le levier-plume se meut, la détente arrêtant le mécanisme qui avance le papier, part, et l'appareil écrit.

Lorsque la dépêche est transmise, elle est lue et mise de côté pour servir, au besoin, de pièce authentique qui permet la vérification de la correspondance. Le stationnaire seul doit être responsable des fautes commises. Un signal mal donné n'a aucune influence sur ceux qui suivent; mais l'emploi d'une pile locale donne lieu à des erreurs, si la construction du relais laisse à désirer. La transmission est rapide; au moyen d'un seul fil un commis habile peut envoyer environ cent signaux ou vingt mots par minute. On double à-peu-près cette vitesse, en rendant le Télégraphe à double effet. D'un autre côté on accroît la force motrice et on assure la marche de l'appareil, en supprimant le ressort de rappel, et en se servant d'un relais semblable à celui représenté Fig. 10, Pl. XI, et d'une clef pareille au changeur de ce relais, ou bien de l'une des deux clefs proposées Paragraphe XI.

Le Télégraphe à écrire ainsi perfectionné est, à mon sens, le meilleur de tous ceux que je connaisse; il doit être préféré à tous pour la transmission des nouvelles politiques et commerciales. Mais la transmission des signaux est moins simple au moyen de ce Télégraphe qu'à l'aide d'un Télégraphe à cadran avec lettres. Aussi se sert-on toujours de ces derniers pour le service des chemins de fer et pour les usages ordinaires de la vie.

Les Télégraphes à aiguilles, sans électro-aimants, sont en usage principalement en Angleterre, en Belgique sur quelques lignes, et ils viennent, à ce que j'apprends, d'être introduits en Espagne.

Ces Télégraphes, surtout s'ils se composent à la fois de trois aiguillles et de deux électro-aimants (Paragraphe v), présentent plusieurs avantages :

1° Ils sont beaucoup plus sensibles que les autres. J'ai transmis des signaux, avec célérité, au moyen d'un courant très-faible, traversant une électro-bobine de résistance de 400 kilomètres, tandis que ce même courant, sans avoir eu de résistance à surmonter, était insuffisant pour imprimer un mouvement régulier à l'aiguille d'un récepteur d'une grande sensibilité. M. Steinheil (1) dit que l'action du multiplicateur traversé par un courant est très-faible sur les aiguilles, la transmission des signaux lente et incertaine, et que par conséquent les Télégraphes à aiguilles conviennent moins pour la pratique que ceux qui se composent d'un électro-aimant. Mes propres expériences ne sont pas conformes à cette observation de M. Steinheil; elle n'est d'ailleurs pas applicable aux Télégraphes à aiguilles où le multiplicateur est combiné avec un ou deux électro-aimants. Ces derniers sont très-convenables pour transmettre à de très-grandes distances par communication directe.

2° Les Télégraphes à aiguilles sont sûrs et plus simples dans leur construction que les autres.

3° Les signaux sont indépendants les uns des autres, comme dans les Télégraphes à écrire. Lorsque le stationnaire transmet une lettre pour une autre, cette erreur n'a aucune influence sur la lettre ou les lettres qui suivent.

Voici maintenant les inconvénients : les signaux sont fugitifs; il faut au stationnaire un correspondant aussi exercé que lui pour les marquer, et même un second observateur pour les écrire sous la dictée du premier, dans les cas où la transmission est très-rapide, ce qui est pourtant rare. On reproche, en outre, aux Télégraphes à deux aiguilles astatiques d'exiger deux fils de ligne. Néanmoins on peut télégraphier avec une seule, et plus d'une fois j'ai ainsi transmis 70 lettres par minute : je crois même que sur les lignes où il y a deux fils, il serait plus avantageux de se servir de l'un pour transmettre les dépêches de la station A à la

(1) Rapport sur la Télégraphie en Allemagne. Journal de *Dingler*, vol. 115, 1850.

station B, et, de l'autre, pour en recevoir en même temps de cette dernière, que de transmettre les communications à la fois par les deux fils et de les recevoir ensuite par la même voie.

Un autre inconvénient des Télégraphes à aiguilles est celui-ci : les aiguilles ne s'arrêtent pas promptement après l'interruption du courant, et alors leurs oscillations gênent et rendent même impossible une très-prompte transmission des signaux. Pour parer à cela, on leste un peu les aiguilles, mais par là on diminue la sensibilité de l'appareil. Je suis parvenu à éteindre ces oscillations instantanément, en faisant frapper l'aiguille qui est à la face postérieure du multiplicateur contre une plaque d'acajou, tandis que celle de la face antérieure effleure à peine les pivots d'arrêt. De cette manière la première aiguille produit contre le bois un choc sec qu'on entend de loin et qui est aussitôt absorbé.

Mais il se présente souvent, en outre, des inconvénients graves, auxquels on ne peut remédier qu'imparfaitement. L'électricité atmosphérique, l'expérience le démontre, affecte les aiguilles de différentes manières : elle développe dans les fils de lignes des courants qui, selon qu'ils sont dirigés dans le même sens ou en sens contraire du courant transmis, augmentent ou diminuent les déviations des aiguilles. Ces courants modifient en même temps, détruisent quelquefois, et même renversent les pôles des aiguilles. Ces perturbations se présentent parfois à une station, sans se manifester à la station correspondante, et alors les effets des courants transmis, mêlés avec les effets des causes locales, déterminent une confusion complète dans les communications. Il y a même mieux ; les signaux observés à la station d'arrivée peuvent être inverses de ceux qu'on doit transmettre. L'aurore boréale dérange aussi le Télégraphe à aiguilles. Quand ce météore se déclare, les aiguilles sont agitées, dit Walker (1), comme si un fort courant circulait le long des fils ; elles s'écartent brusquement, tantôt à droite, tantôt à gauche, et changent ainsi de direction plusieurs fois par seconde, ou se meuvent lentement, et restent écartées pendant quelques minutes.

Ces causes perturbatrices, l'électricité ordinaire, la foudre, l'aurore boréale, dérangent tous les Télégraphes, mais ceux à aiguilles plus souvent et plus facilement que les autres. Il y a des moments

(1) Manuel sur la Nature électrique de l'aurore boréale.

où toute transmission devient impossible, quel que soit l'appareil dont on se sert.

En résumé on reproche aux Télégraphes à aiguilles :

1° Leurs signaux fugitifs; 2° les deux fils dont ils exigent l'emploi ; 3° leur très-grande sensibilité aux influences des causes perturbatrices, et, par suite, les fréquents dérangements et réaimantations des aiguilles qu'elle rend nécessaire.

Le premier inconvénient leur est commun avec tous les Télégraphes qui n'écrivent et n'impriment pas. Le second ne me paraît nullement grave, puisqu'avec un seul fil on peut envoyer 80 signaux et plus. Le troisième est fondé; mais, d'un autre côté, le Télégraphe à aiguilles est le plus simple de tous dans sa construction ; il est toujours réglé; il est le plus sensible de tous; il n'exige aucun relais, puisqu'il est plus sensible que tout relais possible, surtout si l'on se sert du Télégraphe à trois aiguilles avec deux électro-aimants (1).

Les Télégraphes à cadran, avec les lettres de l'alphabet, sont construits de différentes façons; ils diffèrent entre eux tant par les organes des transmetteurs que par ceux des récepteurs adoptés dans différents pays.

Les récepteurs des Télégraphes français se composent tous d'un seul électro-aimant, d'une palette de fer, d'un ressort de rappel, et d'un mouvement d'horlogerie à ressort, qui fait tourner les roues d'engrenage, et, par suite, l'aiguille du cadran, tandis que le le courant ne fait que dégager par son action les dents d'une roue à rochet des palettes qui l'arrêtent ou la laissent échapper, selon qu'elles sont dans leur position de repos ou qu'elles oscillent alternativement en sens contraire.

Il résulte de cette disposition que l'action d'un courant faible suffit pour imprimer aux aiguilles des mouvements saccadés uniformes, et que les récepteurs permettent de transmettre des nouvelles à grande distance.

En Allemagne, au contraire, les récepteurs des Télégraphes sont construits en général sans mouvement d'horlogerie (2), avec

(1) Je ne parle pas ici des sonneries ni de plusieurs détails relatifs à la construction et à l'emploi des Télégraphes, que l'on peut voir dans les ouvrages de l'abbé Moigno et du docteur Schellen, mon but n'étant pas de faire connaître en détail la construction des Télégraphes, ainsi que je l'ai dit en commençant.

(2) Excepté le récepteur du Télégraphe de Kramer.

un seul électro-aimant et un ressort de rappel. Le mouvement de l'appareil est directement produit par l'action réciproque de l'électro-aimant sur la palette de fer.

Les transmetteurs ou manipulateurs des Télégraphes en usage dans ces deux pays diffèrent aussi beaucoup dans leur construction.

En France, le stationnaire meut à la main l'interrupteur, en transportant rapidement et successivement l'indicateur sur la lettre que porte un disque immobile, et en l'arrêtant un instant devant celle qu'il doit envoyer. Le courant passe directement du manipulateur dans le fil d'une boussole, puis dans celui de la ligne, etc.

Dans la Télégraphie allemande les transmetteurs sont disposés tout autrement. L'aiguille qui indique les lettres n'est pas mue par le stationnaire. Le manipulateur tourne à l'aide d'un mouvement d'horlogerie (1), et il est arrêté au moyen des touches d'un clavier. Le courant passe dans un récepteur ou indicateur à la station de départ, et, de là seulement, par le fil de la ligne, dans les récepteur à la station d'arrivée, etc. Mais dans les Télégraphes le plus en usage, ceux de Kramer et de Siémens, le transmetteur et le récepteur sont semblables, tous deux à clavier circulaire horizontal, et sont placés, l'un à la station de départ, l'autre à celle d'arrivée. Dans celui de Siémens, qui est le plus renommé, les courants de deux piles placées, l'une à la station qui donne et l'autre à celle qui reçoit les dépêches, se réunissent et font tourner, par leurs actions directes sur les électro-aimants, les aiguilles des deux récepteurs, qui doivent toujours indiquer en même temps la même lettre (2).

Froment, habile mécanicien de Paris, a construit un transmetteur à clavier rectiligne, qui n'est pas, que je sache, introduit dans la pratique. Au-dessous du clavier tourne, au moyen d'un mouvement d'horlogerie, un arbre horizontal en acier portant des tiges fixées en hélice sur sa longueur, en nombre égal à celui des touches, de telle façon que chacune des premières est arrêtée par chacune des secondes qu'on abaisse. Sur l'arbre sont fixés un inter

---

(1) Dans le Télégraphe de Drescher.

(2) Les détails de construction sont indiqués dans les ouvrages de l'abbé Moigno et du docteur Schellen sur la Télégraphie.

rupteur et une roue à rochet dans laquelle s'engrène une barre en métal ajustée de façon, qu'elle s'abaisse et dégage la roue, lorsqu'on abaisse l'une ou l'autre des touches, et permet à l'arbre de tourner, tandis qu'au contraire elle monte et arrête l'arbre aussitôt qu'on retire la main des touches. Le mouvement du transmetteur fonctionne, dit-on, très-bien, ce qui ne surprendra personne de ceux qui connaissent M. Froment.

Toutefois, les claviers circulaires sont, à mon avis, plus simples et susceptibles d'être réduits à un volume plus petit, ce qui les rend plus élégans que les claviers rectilignes. Le transmetteur de M. Froment est à simple échappement, sans mouvement d'horlogerie, et avec ressort de rappel; par conséquent, il ne possède pas la vitesse de transmission, ni la sensibilité qu'il pourrait avoir.

J'ai fait exécuter un transmetteur à clavier circulaire, dont la construction me semble des plus simples, parmi tous les claviers circulaires que j'ai eu l'occasion de voir ou de trouver décrits dans des ouvrages. Il réunit de plus plusieurs autres qualités, qui se trouvent indiquées dans le Paragraphe x.

En résumé, dans les Télégraphes à cadran employés en Allemagne, les récepteurs sont moins sensibles que ceux des Télégraphes français, pour deux raisons :

1° Ils ne sont pas munis de mouvement d'horlogerie;

2° L'action du courant électrique, devant mettre en mouvement deux récepteurs, l'un à la station de départ, l'autre à celle d'arrivée, est considérablement plus affaiblie que si le courant n'avait qu'à mouvoir le récepteur à la station qui reçoit les dépêches. Aussi les Télégraphes à cadran ne servent en Allemagne que sur de petites lignes. Dans tout ce pays les communications directes à de grandes distances se font au moyen de l'appareil à écrire : il y a même beaucoup de localités où l'on ne se sert que de celui-ci sur de petites lignes.

Les Télégraphes de MM. Kramer, Stachrer, Geiger et Siémens, quoique savamment combinés et exécutés, sont lents, le dernier surtout. M. Steinheil, dans un rapport déjà cité sur la Télégraphie en Allemagne, dit que le Télégraphe de M. Siémens, introduit dans le circuit de la ligne, fait vingt révolutions par minute (1),

(1) J'ai vu plusieurs fois fonctionner cet appareil, et toujours avec des vitesses d'un tour en 3 $\frac{1}{2}$" au plus.

et qu'il transmet les signaux environ six fois plus lentement que le Télégraphe à écrire. En 1849, il fallut sept heures pour communiquer un discours du trône de Berlin à Francfort, au moyen de l'appareil de M. Siémens, tandis que soixante-dix minutes suffirent pour envoyer la même dépêche, à l'aide du Télégraphe à écrire. M. Pouillet, dans son rapport à l'Académie des sciences de Paris, dit que, quant à la vitesse, le Télégraphe de M. Siémens ne le cède à aucun autre appareil alphabétique; mais il me paraît assez difficile à concevoir comment un appareil à simple échappement peut transmettre avec la même célérité qu'un autre à double échappement, toutes choses égales d'ailleurs.

Outre les inconvénients de peu de sensibilité relative et de lenteur, le Télégraphe de M. Siémens, plus en usage que les autres appareils à cadran, en présente encore d'autres : il y a dans chaque récepteur un ressort de rappel, qui occasionne une résistance et nécessite un fréquent réglage; de plus, des conducteurs fixes et mobiles destinés à établir et à rompre le circuit. Or, les contacts produits par la seule action du faible courant ne peuvent être que plus ou moins imparfaits, même dans la supposition que les points de contact sont inaltérables par le courant, ou qu'ils ont lieu entre des lames d'un alliage d'or et de platine.

Enfin, l'accord parfait dans la marche des deux récepteurs, placés à des stations éloignées l'une de l'autre, est à-peu-près impossible à obtenir et à conserver (Paragraphe IX). Il résulte de plusieurs expériences faites par M. Matteuci (1) que l'intensité d'un courant, mesurée sur plusieurs points éloignés d'une même ligne, est très-différente, et que cette différence croît avec la longueur du courant. Sur la ligne de 76 kilomètres qui réunit Pise à Florence, l'intensité moyenne du courant de douze éléments placés à Pise, était de 0,4069 dans cette dernière ville, et de 0,3529 dans l'autre. L'intensité moyenne du courant de seize éléments placés à Pise était de 0,4462, et de 0,2924 à Sienne, à 107 kilomètres de la première ville.

L'observation démontre aussi que les poteaux isolent toujours plus ou moins imparfaitement; qu'un temps humide, des pluies prolongées, etc., font varier l'intensité du courant d'une manière inégale sur différents points d'une même ligne. En 1849, M. Baum-

(1) Télégraphie de M. Moigno, p. 288.

gartner reconnut, sur la ligne de Prague à Vienne, que le fil conducteur était parcouru sans cesse par des courants électriques accidentels de deux sortes : les uns d'intensité plus grande, et les autres d'intensité moindre.

Enfin on sait que des nuages électriques produisent dans les fils de lignes des courants, dont le sens varie avec la direction des nuages, et qui peuvent quelquefois aimanter les électro-aimants et même changer les pôles des aiguilles aimantées. Or, si l'influence de l'une ou de l'autre, ou même de plusieurs de ces causes perturbatrices, peut quelquefois rendre impossible toute transmission quelconque, on comprend également sans peine que souvent cette même influence peut suffire pour troubler l'accord dans la marche des deux récepteurs placés aux stations correspondantes, tandis que l'action du courant transmis suffit encore complètement pour faire fonctionner, malgré l'influence de causes étrangères, un seul récepteur, dont la marche est tout-à-fait indépendante de celle de tout autre appareil : j'ai souvent eu l'occasion de constater l'exactitude de cette remarque.

Toutes ces considérations prouvent, à mon avis, que la transmission des signaux est moins sûre, au moyen de deux récepteurs, qu'à l'aide d'un transmetteur placé à la station de départ et d'un récepteur à la station d'arrivée.

En résumé, les Télégraphes à cadran avec lettres, en usage en Allemagne, même ceux qui sont les plus employés, présentent dans la pratique plusieurs inconvénients :

1° Ils sont tous munis d'un ressort de rappel, qui occasionne une résistance et exige un réglage continuel;

2° Ils sont lents comparativement à d'autres du même genre;

3° Ils sont peu sensibles et ne conviennent pas pour la transmission directe des dépêches à de grandes distances. Il faut se servir, à côté de ces Télégraphes, de celui à écrire pour les communications promptes et importantes;

4° Leurs récepteurs placés aux stations correspondantes, sont fort difficiles à régler et à maintenir dans un accord parfait, et cette difficulté donne souvent lieu à des erreurs;

5° Les signaux transmis sont dépendants les uns des autres.

Les Télégraphes à cadran avec lettres, qui servent sur les lignes en France, sont des appareils sensibles : ils sont tous munis d'un mouvement d'horlogerie. Ils conviennent pour toutes les correspondances à grandes et à petites distances. Le courant électrique

passe directement du manipulateur de la station de départ, par le fil de la boussole et celui de la ligne, dans le récepteur de la station d'arrivée. Le mouvement d'horlogerie et tous les organes du récepteur sont construits par M. Breguet avec une admirable perfection. L'aiguille peut faire deux tours, et même plus, par seconde, sans cesser de revenir chaque fois au même signe. Le récepteur étant à double échappement, il permet de donner soixante signaux par minute; mais le manipulateur est affecté des inconvénients auxquels donnent lieu les transmetteurs conduits à la main de lettre en lettre (Paragraphe IX).

Les Télégraphes à cadran dont on se sert en France sont préférables, comme instruments pratiques, à ceux du même nom en usage en Allemagne. Ceci résulte de toutes mes expériences et de toutes les observations que j'ai faites sur les lieux dans ces deux pays, ainsi que des renseignements que j'y ai pris. Le Dr Schellen est d'un avis contraire : il croit qu'en Allemagne la construction des Télégraphes avec lettres est poussée jusqu'à la perfection. Sans doute l'exécution des appareils de MM. Halske, Staehrer, etc., ne laisse rien à désirer. Mais l'idée de vouloir que le courant de la pile fasse à-peu-près tout a eu pour conséquence forcée : 1° que les appareils sont comparativement lents; 2° que l'accord nécessaire entre deux récepteurs, à deux stations correspondantes éloignées, est assez souvent troublé, et que les contacts peu intimes entre des conducteurs mobiles et fixes donnent parfois lieu à des erreurs. Il est juste d'ajouter qu'aucun pays n'a fait autant pour la science sur la Télégraphie que l'Allemagne. Les travaux de Steinheil, Gauss, Weber et Jacobi sont là pour le prouver à toute évidence.

Toutefois, les systèmes français de Télégraphes avec lettres ne sont pas à l'abri de tout reproche. Ils ont en commun avec tous les systèmes à cadran les inconvénients suivants :

1° Les signaux sont fugitifs et dépendent les uns des autres; si un seul est mal fait, tous les autres sont erronés.

2° Ils fonctionnent avec un seul électro-aimant et un ressort de rappel. On ne peut éviter le premier désavantage; mais il n'est pas, à mon avis, aussi grave qu'il le paraît au premier abord : il est extrêmement facile de piquer les lettres, surtout si l'on se sert d'un clavier comme transmetteur. Quelque courte que soit la pause de l'aiguille, on la distingue facilement. De plus, il est d'usage de

ramener souvent l'aiguille au signe de repos. Quant au second inconvénient, on peut y parer, même avec avantage, en supprimant le ressort de rappel et en remplaçant la palette de fer par une palette aimantée, suspendue symétriquement entre deux électro-aimants. On évite ainsi le fréquent réglage du ressort et le récepteur acquiert une force motrice au moins double. (Paragraphes I à IV).

Une seconde amélioration importante, selon moi, à introduire dans la Télégraphie française, c'est de remplacer le manipulateur (1) par un transmetteur à clavier avec changeur (Paragraphe X).

L'expérience m'a appris que la transmission des signaux devient très-facile, très-prompte et sûre. La vitesse des communications, au moyen de mon système (Paragraphe X), est plus grande que celle du Télégraphe à une seule aiguille compensée, et égale à celle de l'appareil à écrire à simple effet. Cette grande rapidité permet de ramener souvent l'aiguille au point de repos, par exemple après deux ou trois révolutions, et d'éviter ainsi les erreurs possibles dues à la dépendance des signes.

On peut augmenter encore la vitesse de transmission, si l'on écrit sur un seul rayon du cadran les trois lettres C, K et Q; sur un second les lettres I, J et Y; sur un troisième les lettres S et Z, et sur un quatrième V et W. Ces lettres sur le même rayon pouvant se remplacer les unes les autres, on marque en général la première : le mot transmis indique celle qu'il faut écrire. Veut-on désigner la seconde? on fait faire un tour entier à l'aiguille, en l'arrêtant avant, après et devant la même lettre. A l'aide de cette convention la roue d'échappement ne doit avoir que onze dents et permet encore d'écrire la lettre E deux fois. Ce nombre de dents peut même être réduit à dix, si l'on écrit les lettres *p* et *b* sur le même rayon.

Les Télégraphes à aiguilles avec signaux aériens sont construits d'après les mêmes principes que ceux à cadran. Chaque récepteur se compose précisément des mêmes organes. Mais la roue d'échappement n'a que quatre dents; par suite, le disque du ma-

(1) Le manipulateur est bon, s'il est mû à la main; mais rien n'est plus facile que de le combiner avec le changeur de mon relais, Fig. 10, de faire mouvoir le système au moyen d'une force mécanique, et d'en faire un transmetteur à clavier.

nipulateur doit être disposé de façon qu'il établisse et interrompe le courant quatre fois alternativement, pendant que le stationnaire lui fait décrire une révolution entière, à l'aide d'un levier conduit à la main.

Les Télégraphes à deux aiguilles fonctionnent au moyen de deux fils de ligne séparés. Il faut placer à chaque station extrême une pile, deux manipulateurs et deux récepteurs juxtaposés; et, à chacune des stations intermédiaires, deux fois le double manipulateur et le double récepteur, afin de pouvoir correspondre dans deux directions opposées. Une seule pile suffit pour transmettre par deux fils à la fois et aussi pour parler en même temps dans des directions différentes. Le stationnaire tourne simultanément les deux manipulateurs, l'un de la main gauche et l'autre de la droite, chaque fois d'un angle de quarante-cinq degrés, et les aiguilles des récepteurs décrivent un angle égal (1).

En examinant avec un peu d'attention l'alphabet indiqué plus haut, on voit qu'avec de l'exercice on parvient en peu de temps à transmettre les signes avec célérité et correctement. Les stationnaires, qui n'ont pas l'habitude d'envoyer des dépêches, prennent l'alphabet devant eux; mais ceux qui ont acquis de l'usage savent s'en passer et tournent les manipulateurs avec une vitesse uniforme, tout en transmettant avec une grande rapidité.

MM. Foy, Alexandre et Breguet ont eu l'obligeance de m'accompagner quelquefois au bureau de Télégraphie, rue de Grenelle, à Paris. J'y ai vu avec étonnement combien les télégraphistes opèrent promptement et avec facilité. J'ai vu un stationnaire qui m'a dit être peu exercé, transmettre avec une seule manivelle quatre-vingt lettres, et avec deux manivelles cent cinquante lettres par minute.

Les Télégraphes avec signaux aériens peuvent encore être améliorés, sans changer leur système. On y apporte un grand perfectionnement en supprimant dans les récepteurs le ressort de rappel, et en y introduisant une palette aimantée et deux électro-aimants pareils à ceux des Télégraphes à cadran. L'avantage qu'on obtient par là consiste à éviter les inconvénients du ressort et à doubler la sensibilité de l'appareil.

---

(1) Je n'ai pas à m'occuper des détails de construction des Télégraphes, ni de plusieurs petits appareils accessoires. Tout cela est clairement exposé dans l'ouvrage de M. Moigno.

Le savant abbé Moigno critique dans son ouvrage les Télégraphes à signaux aériens sous plusieurs rapports :

1° Il veut que le stationnaire voie (comme dans le Télégraphe à aiguille astatique) fonctionner le Télégraphe devant lui et pour lui avant de fonctionner à distance. Nous avons vu (Paragraphe IX et ailleurs) que ce mode de transmission ne présente aucune utilité, qu'il peut avoir des inconvénients, et qu'il y a plus d'avantage à faire passer le courant directement du manipulateur dans la boussole de sinus, puis par le fil de ligne dans le récepteur à la seconde station, que de le conduire dans un récepteur placé à chaque station.

2° M. Moigno trouve les signaux de l'alphabet mal choisis (1); ils sont, dit-il, tout-à-fait arbitraires et ne disent rien à l'esprit. Je ne puis comprendre ce reproche : je ne trouve rien de plus clair, de plus positif que les signes de convention; ils expriment toujours nettement ce que l'on veut leur faire dire. Il est, ce me semble, aussi simple de représenter les lettres de l'alphabet par les diverses positions qu'occupent, relativement à une ligne horizontale fixe, deux aiguilles qui tournent chacune autour de l'une des extrémités de cette ligne, que de les représenter par les divers mouvements d'une ou deux aiguilles vers la gauche et vers la droite.

En écrivant les lettres c, t, r et p comme exposants à la droite des nombres, par exemple, 0^r, 5^t, 10^t, 15^t, *op*, 15^c, 10^c, 5^c pour exprimer *horizontale de repos*, 5 *terre*, 10^t, 15^t, *horizontale prolongée*, etc., on a, pour représenter les diverses positions des aiguilles, des dénominations très-distinctes, très-nettes et plus courtes que celles-ci : *Deux mouvements de l'aiguille droite, le premier à droite, le second à gauche* (signe de la lettre L) : *Deux mouvements parallèles des deux aiguilles; le premier à droite, le second à gauche* (signe de la lettre U), etc. Ces deux conventions pour représenter l'alphabet sont claires; cependant M. Moigno comprend l'une à merveille et semble désapprouver l'autre.

3° Le savant abbé trouve incomplète et inopportune la transformation des signaux aériens de Chappe en signaux électro-télégraphiques. Je m'imagine que M. Foy n'a jamais songé à se servir de tous les signaux du système-Chappe, mais qu'il s'est dit : « De

(1) Page 112.

même que dans le système-Chappe il y a des indicateurs mobiles, qui tournent autour d'un régulateur et prennent chacun par rapport à celui-ci sept situations différentes, de même on peut faire tourner deux aiguilles par la force de deux électro-aimants, faire prendre à chacune d'elles sept positions différentes par rapport à une ligne horizontale fixe, et obtenir par les diverses combinaisons de ces positions quarante-neuf signaux différents, et même plus si l'on a recours à un régulateur vertical. » Je trouve que les signaux adoptés et exposés plus haut représentent parfaitement l'alphabet et divers signes réglementaires, au moyen desquels on accélère la transmission des dépêches.

4° Enfin, « les manivelles des manipulateurs, dit M. Moigno, sont pesantes et pénibles à mouvoir : la correspondance, d'après des documents dignes de foi, serait souvent interrompue; les dépêches ne seraient transmises qu'avec beaucoup de peine, et de fréquentes répétitions : l'intensité de courant exigée par la forme particulière des appareils est énorme; la dépense de la pile employée serait excessive. »

Aucune de ces objections n'est fondée : l'honorable abbé a été sans doute induit en erreur. Je dois à la vérité de dire que j'ai vu plusieurs fois fonctionner les Télégraphes à signaux aériens, et que les dépêches se sont toujours transmises très-exactement et avec une grande rapidité. Les récepteurs étant tous munis d'un mouvement d'horlogerie et construits avec beaucoup de soin, ils peuvent être mus par des forces comparativement faibles; et, ce qui le prouve, c'est qu'on envoie directement les dépêches de Paris à Strasbourg, Bordeaux, Valence, etc. A l'appui de ceci viennent encore mes expériences (Paragraphe IV) faites avec des récepteurs sortis de l'atelier de M. Breguet et modifiés par moi. Les erreurs qui se commettent ne proviennent pas des appareils eux-mêmes, s'ils sont bien disposés. D'ailleurs il s'en produit quelquefois dans tous les systèmes de Télégraphes.

Les changements que je crois utiles d'introduire dans les Télégraphes à signaux aériens ne touchent nullement aux systèmes mêmes. Par une disposition particulière du récepteur, on obtient, comme on l'a vu plus haut, une force motrice double. Le manipulateur doit aussi être modifié. Il faut qu'il soit muni d'un changeur au lieu d'un interrupteur, puisque dans mon système le courant électrique doit traverser le récepteur alternativement en sens contraire. Ses dimensions même, bien qu'il ne soit certainement ni

pesant ni difficile à mouvoir, peuvent, selon moi, être diminuées beaucoup. On peut fixer le changeur dans une boîte horizontale en bois, le munir d'une manivelle ou forte aiguille qu'on tourne à la main : ou bien on fait tourner le changeur à l'aide d'un mouvement d'horlogerie à ressort, et l'on arrête son aiguille à la main ou à à l'aide de touches convenablement disposées à cet effet. Je n'ai pas eu l'occasion de construire un tel manipulateur, mais je suis persuadé qu'après avoir acquis l'habitude de s'en servir, la transmission deviendrait très-facile.

Je crois que si l'on introduit les changements indiqués ci-dessus dans les Télégraphes à signaux aériens, ils seront sensiblement améliorés et deviendront d'excellents Télégraphes.

En Belgique on se sert des Télégraphes à aiguilles compensées, des Télégraphes à signaux aériens et d'un Télégraphe à écrire. Le Gouvernement m'a demandé un double appareil à aiguilles avec les perfectionnements que j'y ai faits, et un double appareil à clavier décrit dans le Paragraphe x. Je puis croire que j'aurai aussi l'occasion de lui fournir un Télégraphe à écrire à double effet et sans ressort de rappel. J'aurai ainsi la satisfaction de voir que les Télégraphes belges seront meilleurs que ceux en usage dans de grands pays.

Il me reste à parler du Télégraphe imprimeur et du Télégraphe électro-chimique. MM. Brett et Siémens ont construit des appareils de la première espèce : ils sont lents et peu sûrs, et ne sont nulle part, que je sache, introduits dans la pratique. J'ai vu, à Berlin, en octobre 1851, celui de M. Siémens refuser de fonctionner passablement, et, à mon sens, cela ne peut guère être autrement. En effet, son défaut principal consiste en ce que le disque en cuivre, qui porte les lettres de l'alphabet, tournant rapidement et d'un mouvement saccadé, la pile locale, dont le courant traverse l'électro-aimant d'impression, se ferme et s'ouvre continuellement, et que par conséquent, le martinet peut se soulever et imprimer, tandis qu'une impression régulière exige que l'aimant temporaire ne soulève et ne fasse frapper le martinet d'impression que lorsque le disque tournant s'arrête quelques instants, et que, par suite, la pile locale reste fermée pendant ce court espace de temps.

Il y a toutefois un moyen d'éviter cet inconvénient, et, dans ce but, j'ai conçu le plan d'un Télégraphe imprimeur que voici. Pendant que le disque tourne, le cylindre sur lequel le papier est enroulé, reste immobile, et la pile locale constamment fermée;

dès que l'on doit imprimer une lettre, on interrompt le courant ; on en change la direction et le disque s'arrête ; un second électro-aimant soulève une détente, le rouleau de papier se met en mouvement, la pile locale se ferme et le martinet d'impression imprime.

Les choses se passent à-peu-près comme dans le Télégraphe avec trois circonférences et timbre (Paragraphe VII) (1).

Le Télégraphe électro-chimique, imaginé par M. Bain, imprime aussi les lettres, mais en les représentant par des points et des lignes, comme le Télégraphe à écrire. On peut se servir du même transmetteur que dans ce dernier. Le récepteur se compose d'un mouvement d'horlogerie et d'un cylindre en métal autour duquel on enroule une longue bandelette de papier, humectée préalablement d'une solution de prussiate de potasse mêlée avec un peu d'acide nitrique et hydrochlorique. Ce papier devant être constamment mouillé passe au-dessus d'un paquet de mèches plongées à moitié dans de l'eau. Le cylindre doit recevoir l'électricité négative du fil de la ligne, et au-dessus du papier repose un stylet en métal qui communique avec le fil de la terre, et, par suite, avec le pôle positif de la pile de la station de départ. Dès que le courant est établi et interrompu à la station de départ, il l'est pendant un temps égal à la station d'arrivée. Il se forme à celle-ci, dans le papier qui s'avance, de petites taches rondes et de petites lignes brunes, selon que le courant, qui s'établit momentanément, dure un ou plusieurs instants.

M. Bain construit le transmetteur de la manière suivante : il compose les dépêches d'avance, en perçant dans des disques de papier de petits trous ronds et des ouvertures allongées ; il pose le papier sur un disque en laiton qui communique avec le pôle négatif de la pile, le pôle positif étant uni au fil de la terre. A

---

(1) Comme la roue d'échappement se déplace d'une dent 12 fois sur 24, lorsqu'on arrête l'aiguille du récepteur devant une des lettres paires, par exemple B, D, etc., et en interrompt le courant, et qu'ensuite on en change la direction pour faire agir le martinet d'impression, il faut donner à la roue 18 dents au lieu de 12, et au disque 36 secteurs au lieu de 24. On inscrit chacune des lettres paires sur deux divisions consécutives du cadran et sur les deux secteurs correspondants. De cette manière l'impression devient régulière ; mais on diminue la vitesse. On peut procéder d'une manière analogue pour construire un récepteur à trois circonférences avec timbres.

l'aide d'un mécanisme convenablement disposé, il fait tourner sur le papier une petite roulette en métal, reliée à un levier de même nature qui communique avec le fil de la ligne; ce levier fait avancer la roulette de telle sorte qu'elle décrit sur le papier des circonférences différentes. Lorsqu'elle est en contact avec le papier, le courant est interrompu; mais dès qu'elle touche le disque en laiton, le courant passe et l'action chimique se produit sur le papier à la station d'arrivée (1). Lorsque le courant ne passe pas, aucun effet ne se produit.

M. Bain a été autorisé, en 1851, à établir son appareil au bureau de Télégraphie, à Paris, afin qu'on pût en constater le mérite; il ne paraît pas avoir réussi.

La transmission des signaux se fait, il est vrai, avec une grande célérité au moyen du transmetteur de M. Bain; mais il est à remarquer qu'il faut un temps sensible pour préparer les dépêches, humecter le papier, en un mot, disposer l'appareil. J'ai peu opéré avec le Télégraphe électro-chimique, à l'aide d'un transmetteur ordinaire; mais j'ai pu constater que les taches et les lignes brunes ne se produisent pas distinctement si le courant n'a pas une certaine intensité, s'il ne subsiste pas pendant un certain temps qui est d'autant plus long que le courant est plus faible, ni si le papier n'est pas suffisamment trempé dans la solution de prussiate de potasse. J'ai trouvé, d'autre part, que si le papier est très-humide, il se déchire facilement lorsqu'il s'avance pendant que le cylindre qui le porte tourne. Je me propose de continuer ces expériences. Ce Télégraphe, s'il est reconnu bon, aura dans la pratique l'avantage de ne pas exiger d'emploi d'une pile locale.

J'ai construit un Télégraphe que j'appelle *Télégraphe chimique*, parce que le courant agit simplement comme force motrice, en amenant des gouttes d'acide sulfurique en contact avec du papier en mouvement, trempé dans une dissolution de teinture de tournesol sur lequel il se forme des points et des traits rouges.

Cherchant à écrire les dépêches avec de l'encre sans pile locale, j'ai essayé, secondé par mon préparateur M. Tissington, diverses espèces d'encre et des plumes. Nous avons pris pour plumes de petits tubes capillaires en verre, en métal, des fils de platine entourés de laine, d'asbeste, de petits cônes pointus en coke, en terre poreuse, en pierre ponce. Nous avons pris pour encre de l'eau colo-

(1) Voir les détails dans l'ouvrage de M. Moigno.

rée. Puis, d'essai en essai, nous avons fini par employer de l'acide sulfurique concentré; comme papier, du papier ordinaire trempé dans une dissolution de teinture de tournesol et desséché ensuite; enfin, pour plume, un fil de platine fixé par l'un de ses bouts à une palette d'acier aimantée et portant à l'autre bout un petit cône de pierre-ponce pointu, plongeant dans de l'acide sulfurique, à la hauteur de trois millimètres près.

Nous avons disposé la plume pour écrire à double effet, en employant deux électro-aimants et y changeant alternativement la direction du courant. Nos expériences ont été des plus satisfaisantes. L'action de la plume sur le papier est instantanée, les traits et les points rouges sont on ne peut plus distincts. Le mouvement de la plume est extrêmement facile à produire; la transmission des signaux se fait au moyen d'une clef disposée pour écrire à double effet. Ce Télégraphe est sensiblement plus prompt que les autres Télégraphes à double effet de même espèce, et leur doit être préféré de beaucoup. La plume est inaltérable, aucune saleté ne s'y dépose, aucune tache nuisible à la lecture des signes ne peut se faire sur le papier, et celle-ci est des plus faciles.

Les quatre causes (l'isolément imparfait des poteaux, l'aurore boréale, l'électrité atmosphérique et la foudre) qui troublent la marche des autres Télégraphes, dérangent aussi celle du Télégraphe électro-chimique. Pour diminuer les influences des deux dernières on fixe sur les lignes, de distance en distance, des paratonnerres; on fait passer, en-dehors du bureau de Télégraphie, le fil de la ligne dans une large plaque de laiton armée de petites pointes en métal et fixée à un millimètre environ d'une autre plaque semblable qui communique avec la terre. On intercale aussi dans le fil de la ligne un autre fil plus mince, isolé d'une petite plaque en laiton qui communique avec la terre; le fil fond, si l'orage est intense, et la foudre passe par la dernière plaque dans la terre, sans occasionner d'accidents graves.

Résumons maintenant ce qui a été dit dans ce paragraphe sur les avantages et les inconvéniens des divers Télégraphes à écrire, à aiguilles astatiques et des Télégraphes à cadran de diverses constructions.

1° Les Télégraphes à cadran, portant les lettres de l'alphabet, sont les plus simples de tous dans la pratique : ils serviront probablement toujours pour les usages ordinaires de la vie et pour ceux des chemins de fer. Tout le monde peut transmettre et

lire les signaux avec une grande facilité; un moment d'attention suffit pour marquer une lettre.

2° Les signaux de ces Télégraphes sont solidaires; si un seul est faux, ceux qui suivent le seront également. Cet inconvénient est moins grave qu'il ne le paraît au premier abord; si l'appareil est bien construit, et qu'on ramène souvent l'aiguille indicatrice, pendant la communication, au signe de repos, l'expérience démontre que les erreurs commises sont rares, du moins dans les circonstances ordinaires.

3° Les Télégraphes à cadran, composés d'un transmetteur à clavier avec changeur mû par un mouvement d'horlogerie à ressort, conviennent sur de grands et de petits parcours; ils sont aussi sûrs et presque aussi prompts qu'aucun autre Télégraphe avec un seul fil. On peut conduire, à volonté, le courant dans un récepteur, à la station de départ, et dans un autre à la station d'arrivée; mais il est préférable de ne le faire qu'à cette dernière station.

4° Les Télégraphes à trois aiguilles avec deux électro-aimants, sont les plus sensibles de tous. Ils exigent deux fils; mais on peut aussi télégraphier avec un seul. Leurs signes sont indépendants les uns des autres, mais leur lecture est moins facile que celle des lettres alphabétiques, attendu qu'elle exige une attention continue. Ces appareils sont toujours réglés; toutefois, les aiguilles se dérangent plus facilement que les autres Télégraphes, sous l'influence de faibles causes perturbatrices, et il arrive parfois qu'à la station d'arrivée et à celle de départ les aiguilles indiquent des signaux différents.

5° Les Télégraphes à signaux aériens, bien construits et modifiés comme il a été dit plus haut, sont très-bons; ils exigent deux fils, comme ceux à aiguilles, et une force motrice un peu plus grande; mais ils transmettent aussi un peu plus rapidement que ces derniers; leurs signes sont solidaires, mais faciles à saisir, même au moment des plus grandes vitesses des aiguilles. Ils sont moins sensibles que les derniers Télégraphes, à l'influence des causes perturbatrices.

6° Les Télégraphes à écrire ont sur les Télégraphes à aiguilles et à cadran un grand avantage consistant en ce qu'ils donnent les dépêches écrites, et permettent de les copier à la station d'arrivée, et de les conserver pour en faire usage à volonté. Mais l'appareil qui écrit avec une plume d'acier, exige l'emploi d'une pile locale et un

relais : si celui-ci n'est pas parfait, la première donne lieu à des erreurs, et d'ailleurs elle empêche aussi de transmettre aussi vite qu'on le pourrait si elle n'était pas nécessaire.

6° Le Télégraphe électro-chimique de M. Bain exige qu'à la station de départ on compose d'avance la dépêche à transmettre, et que le papier sur lequel on écrit à la station d'arrivée soit mouillé pendant la transmission et desséché ensuite. C'est là un inconvénient, et en même temps une perte de temps. On peut éviter l'emploi du transmetteur de M. Bain et transmettre les signaux, au moyen d'une clef qui sert dans les Télégraphes à écrire avec plume d'acier.

Le Télégraphe électro-chimique écrit sans pile locale; mais il ne peut le faire qu'à simple effet.

7° Le Télégraphe chimique écrit à double effet, sans pile locale ; il transmet deux fois au moins plus rapidement que le Télégraphe électro-chimique ; les signes sont aussi distincts que possible. Enfin le papier, trempé d'abord dans une dissolution de teinture de tournesol, n'exige plus aucune préparation ultérieure. Ce Télégraphe me paraît être le meilleur des Télégraphes à écrire (1).

XIV.

Emploi du courant d'induction comme force motrice en Télégraphie (2).

MM. Gauss et W. Weber se sont les premiers servi, en Télégraphie, d'un courant d'induction développé par un fort aimant. En 1833 ils établirent une correspondance suivie entre l'observatoire et le cabinet de physique de l'Université de Gœttingue. Les premiers également ils démontrèrent qu'on peut éviter la multiplicité des fils conducteurs, et qu'un seul suffit pour se procurer un grand nombre de signes différents, en formant un alphabet complet au moyen des déviations diversement combinées vers la gauche

(1) Le même mode d'écrire me semble très-important pour enregistrer les observations météorologiques et autres semblables.

(2) Il faut lire *courant d'induction* au lieu d'*extra-courant* dans la table des matières.

et vers la droite d'un aimant. Depuis, MM. Steinheil, Masson, Dujardin et Stoehrer se sont servi, comme force motrice, de courants d'induction développés par des aimants. Moi-même j'ai employé l'action de courants d'induction dans mes premières recherches sur les Télégraphes et les Horloges électriques.

Une belle expérience que l'habile mécanicien Rhumkorff, de Paris, a eu l'obligeance de me montrer, m'a conduit à penser que la grande force du courant d'induction, développé à l'aide d'un seul élément Bunsen, pourrait convenir pour la transmission des signaux télégraphiques à de très-grandes distances.

Désireux de soumettre ma conjecture à l'épreuve, j'obtins de M. Breguet des bobines de résistance, et, à l'aide d'un élément Bunsen, M. Rhumkorff et moi nous développâmes un courant d'induction. Nous le fîmes passer successivement par les fils réunis bout à bout de bobines différentes, et finalement par un fil de 3002 kilomètres de résistance évaluée en fil de fer de 4 millimètres d'épaisseur, et en même temps par un long et mince fil en cuivre isolé et enroulé autour d'un fer recourbé. Celui-ci attirait encore une palette de fer fixée par l'une de ses extrémités à l'électro-aimant, l'autre restant libre et éloignée de 2 millimètres.

De retour à Liége, je m'empressai de faire fonctionner un Télégraphe à cadran à l'aide d'un courant d'induction développé au moyen du courant d'un et de deux éléments Bunsen, en me servant du même appareil qu'à Paris. Le Télégraphe fonctionna bien lorsque le courant passait par une bobine de 50 et 80 kilomètres de résistance : sa marche devenait irrégulière, puis nulle, lorsque j'augmentais successivement la résistance, en la portant à 120, 162 kilomètres. Le courant de l'élément Bunsen était-il trop faible pour développer un courant très-intense, ou peut-on expliquer par quelque autre raison le désaccord entre cette expérience et celle faite à Paris? Forcé en ce moment par mes occupations d'abandonner ces recherches, je compte les reprendre prochainement.

En Télégraphie on se sert presqu'exclusivement de courants hydro-électriques. On peut à l'aide de courants de cette nature provenant d'une seule pile, transmettre des signaux simultanément dans des directions différentes, si l'on dispose les appareils de façon que les courants dérivés ont chacun l'intensité qu'exige la résistance qu'ils ont à surmonter. On voit sans peine qu'il résulte de l'emploi des courants dérivés une grande économie dans la cons-

truction des piles. Cette intéressante et utile application des courants dérivés a été spécialement proposée par M. Petrina, professeur de physique à l'Université de Prague, qui l'a introduite dans la Télégraphie en Autriche et ailleurs.

Ce professeur distingué a eu la générosité de communiquer le résultat de ses découvertes à plusieurs Gouvernements et notamment au Gouvernement belge.

XV.

Établissement des fils aériens et des fils souterrains des lignes télégraphiques.

Faut-il établir les fils des lignes télégraphiques, en les isolant dans l'air, sur des poteaux espacés de 50 à 60 mètres environ; ou est-il préférable de les placer sous terre enveloppés de tubes de gutta-percha renfermés à leur tour dans des tuyaux en plomb? En adoptant ce second procédé on espérait protéger les fils de ligne contre la malveillance, la cupidité et les dérangements dûs quelquefois à l'impétuosité des vents. On comptait aussi soustraire le courant à l'influence de toutes les causes perturbatrices qui se manifestent dans l'atmosphère.

M. Jacobi a eu le premier l'idée de recourir à ce moyen, et après lui MM. Steinheil et Siémens. Le premier s'apercevant des inconvénients multipliés que présentent les fils souterrains cessa de s'en occuper; M. Siémens parvint à en poser en Prusse sur une grande étendue; on l'imita en Saxe, ainsi qu'en Autriche, mais sur de petites longueurs.

Aujourd'hui la question est résolue en faveur des fils aériens. Malgré les inconvénients qu'offrent ceux-ci, les premiers en présentent de plus grands encore; et ce qui le prouve d'une manière péremptoire, c'est qu'en Prusse et en Saxe on a retiré les fils de la terre pour les placer sur des poteaux.

En octobre 1851, j'ai entendu, au bureau de télégraphie à Berlin, des plaintes nombreuses sur les fils souterrains. On citait des accidents occasionnés par des orages sur la ligne souterraine de Berlin à Postdam, tandis que le fil aérien de la même ligne n'avait pas été endommagé.

En effet, comment expliquer que les orages n'aient pas d'in-

fluence sur les fils placés sous terre? Le fluide électrique, repoussé dans le sol pendant un orage, ne rencontre-t-il pas des conducteurs métalliques d'une grande surface, dans les tuyaux de plomb qui enveloppent la gutta-percha; et ce fluide ne doit-il pas se diriger en grande partie précisément vers le Télégraphe, au lieu d'être absorbé par le sol? Ainsi la théorie ne justifie pas, ce me semble, l'idée que les fils souterrains doivent être soustraits aux influences des électricités atmosphériques et à celle de la foudre. La malveillance même peut endommager, rompre les fils sous la terre, et l'isolement de ces fils n'est pas non plus aussi parfait qu'il le paraît au premier abord. La gutta-percha se gerce, se détériore, et il s'y opère des solutions de continuité; les tuyaux de plomb qui l'entourent sont rongés par les souris, les rats, etc. On m'en a fourni la preuve à Berlin.

Aussi, les défauts des fils souterrains sont-ils démontrés jusqu'à l'évidence par les fréquentes interruptions dans les correspondances, d'après le témoignage des commis télégraphistes. Voici ce que je lis à ce sujet dans la *Gazette de Dresde*, du 20 octobre 1851 :

« Les fils souterrains de nos Télégraphes, pour le service de l'Etat, seront sous peu remplacés par des fils suspendus dans l'air, dont l'emploi est beaucoup plus rationnel et considérablement moins cher. »

La substitution de ces derniers fils aux premiers, dont l'établissement manqué sur la ligne de Dresde à Leipzig avait occasionné de si grandes dépenses, est la confirmation un peu coûteuse de ce que des hommes capables avaient prédit dès le commencement.

Il est démontré, par tout ce qui précède, que les fils souterrains ne sont pas seulement beaucoup plus chers à établir, mais qu'ils présentent aussi plus d'inconvénients que les fils aériens. Néanmoins, dans des villes, et par conséquent sur de très-petites étendues, on peut leur donner la préférence pour des motifs particuliers et importants qu'on devinera sans peine.

XVI.

Remarques sur un rapport relatif à trois notices sur la Télégraphie, présentées par moi à l'Académie des sciences de Bruxelles.

Le 7 mai, le 14 juin et le 7 juillet 1851, j'eus l'honneur de présenter à l'Académie des sciences de Bruxelles, trois notices sur la Télégraphie. Désirant prendre date pour des points scientifiques, qui me paraissaient importants, j'avais rédigé chaque fois, à la hâte, les résultats de mes expériences. Mon intention était de continuer mes recherches sur le même sujet, et de les réunir ensuite simplifiées et coordonnées en un seul Mémoire. Je ne doutais pas que la Classe des sciences ne reconnût mes intentions, et qu'avant qu'aucun rapport ne fût fait, elle ne voulût me laisser revoir et refondre mon travail afin de le rendre plus digne d'être livré à l'impression.

Je fus donc assez surpris lorsque, dans la séance du 7 août 1851, l'honorable M. Devaux, Inspecteur-général des mines, fit un rapport sur mes trois notices. Il y loue beaucoup, je le reconnais avec plaisir, mon perfectionnement consistant à remplacer un seul électro-aimant, un fer doux et un ressort spiral par une palette aimantée vibrant entre deux électro-aimants. Il trouve que ce système augmente de beaucoup les chances d'infaillibilité, et doit avoir en tout cas pour effet de doubler au moins la sensibilité de l'appareil, eu égard à ce qui aurait lieu s'il était muni d'un ressort de rappel.

Le savant rapporteur aurait pu ajouter, d'après une de mes notices, que ce perfectionnement a d'autant plus d'importance, qu'il est également applicable au Télégraphe à écrire, le plus employé de tous les Télégraphes. Il ne cite aussi qu'en passant plusieurs autres points scientifiques dont j'avais parlé, et que l'expérience est venue confirmer depuis. Mes recherches auraient aussi paru plus importantes, si les appareils perfectionnés que je proposais eussent été comparés avec ceux alors existants, et non pas avec des appareils parfaits.

M. Devaux, après avoir reconnu les avantages de mon système, ajoute :

« Cette idée, au surplus, n'est pas restée jusqu'ici confinée dans le domaine de la théorie. A notre instigation M. Lippens, méca-

nicien à Bruxelles, s'en est emparé, et il est parvenu, à l'aide de combinaisons aussi simples qu'ingénieuses, à la mettre heureusement à profit pour la pratique, au risque même d'abuser de l'accroissement de puissance motrice ainsi obtenue; il a été jusqu'à supprimer dans ses appareils l'emploi de tout mouvement d'horlogerie, et à emprunter exclusivement à cette puissance toute la force nécessaire, soit pour produire les échappements successifs, qui règlent la marche de l'aiguille traînante dans les Télégraphes à cadran, soit pour activer les sonneries. »

Ce passage est suffisamment clair; il signifie que j'ai conçu, proposé une idée féconde, mais que cette idée est restée à l'état de théorie chez moi, et n'est devenue pratique qu'à l'instigation de l'honorable M. Devaux, et à l'aide de combinaisons ingénieuses et simples dues au mécanicien Lippens.

Je demande bien pardon à M. Devaux de ne pouvoir être de son opinion. Aussitôt que j'eus conçu l'idée du perfectionnement dont il s'agit, je le soumis à l'épreuve; je l'ai démontrée expérimentalement; j'ai construit une Horloge et un Télégraphe munis de mon perfectionnement; je l'ai décrit dans un Mémoire du 24 juin 1848, adressé à l'Institut de France; j'ai fait fonctionner mon appareil nombre de fois dans mon cours de physique devant un grand nombre de personnes réunies au Cabinet de physique de l'Université; je l'ai fait fonctionner au cabinet devant l'honorable M. Devaux lui-même. Il voudra bien se souvenir qu'il a vu marcher mon appareil à côté d'un Télégraphe à cadran construit à Paris, que ces deux appareils étaient placés dans les mêmes circonstances, et mûs par l'action du même courant électrique. M. Devaux fut frappé de la différence très-grande avec laquelle ces deux appareils fonctionnaient, et, de retour à Bruxelles, il m'écrivit le 15 juin 1850, de lui confier mon instrument avec le commutateur dont il était muni et qui est nécessaire pour le faire fonctionner, afin de pouvoir, disait-il, mettre ces deux appareils sous les yeux de la Commission télégraphique, qui ne pouvait, se rendre à Liége pour en prendre connaissance. Quelques jours après la réception de la lettre de M. Devaux, j'expédiai mon appareil à l'adresse qu'il m'avait indiquée. En le confiant à la Commission, je dus croire et je crus que je le prêtais au Gouvernement même.

Mon appareil resta à Bruxelles pendant environ trois mois. Il était disposé pour fonctionner sur une ligne télégraphique, à l'aide d'un courant d'une intensité suffisante. S'il ne l'a pas fait, la

faute ne provenait pas de l'appareil, mais de ce qu'on s'y prenait mal pour le faire marcher, ou que le courant employé était trop faible pour vaincre la résistance du parcours et celle qu'offre l'appareil même.

Il résulte de tout ceci que j'avais conçu, construit et mis entre les mains de la Commission un appareil pratique. Il est dès lors assez singulier que dans son rapport M. Devaux ne dise pas qu'il a vu fonctionner mon appareil à Liége et à Bruxelles, ni que je l'avais prêté à la Commission de Télégraphie. Il n'est pas moins extraordinaire que, sans mon consentement et à mon insu, il ait pu engager quelqu'un à s'emparer de mon perfectionnement.

M. Lippens a construit un Télégraphe dans lequel se trouvent réunis mon perfectionnement et un commutateur ou changeur construit à l'instar du mien, changeant, comme le mien, la direction du courant quatre fois pendant que la manivelle du manipulateur décrit une révolution entière. M. Lippens a supprimé le mouvement d'horlogerie, et par là il a ôté à l'appareil une partie de sa sensibilité. Aussi en plaçant cet appareil et le mien dans le même circuit, le mien marchait avec quatre éléments d'une pile *Daniell* de moins que l'autre.

Par un motif que n'a certainement pas dicté l'expérience, M. Lippens a inscrit l'alphabet deux fois sur le contour du cadran; il en résulte qu'il faut donner à la roue d'échappement deux fois autant de dents qu'aux roues des récepteurs ordinaires; mais la vitesse de l'aiguille reste évidemment la même dans les deux appareils.

L'appareil dont M. Devaux paraissait espérer le succès, est, d'après le témoignage des stationnaires, relégué depuis longtemps en magasin.

XVII.

Pendules magnéto-électriques et Pendules électriques.

En 1848 j'ai construit une horloge électrique (1) en développant le courant au moyen d'un fort aimant. Sur les pôles de l'aimant j'ajuste deux électro-bobines dont les fils longs et fins sont réunis bout à bout. Le fer de contact mobile est fixé à l'aide d'une char-

(1) Télégraphie de l'abbé Moigno.

nière au-dessus des pôles, et porte une tige trois fois plus longue que lui. Lorsque celle-ci est abaissée promptement, l'extrémité libre du fer se détache immédiatement, et au même instant il se produit un courant d'induction. Lorsqu'on soulève la tige, le fer de contact, fortement attiré par l'aimant, retombe subitement sur celui-ci, et au même moment un nouveau courant dirigé en sens contraire, se développe.

Ces courants sont produits à intervalles fixes, lorsqu'on soulève et abaisse le fer de contact uniformément avec une grande vitesse. A cet effet je fixe sur un axe horizontal, devant la roue d'échappement d'une horloge, un petit levier, dont l'un des bouts est muni d'un martinet pesant environ 50 grammes, et dont l'autre bout est saisi par les dents de la roue, qui abaissent le levier et s'échappent en glissant sur l'extrémité en contact. Le martinet soulevé retombe subitement, détache le fer de l'aimant par l'impulsion vive imprimée à la tige, et il se produit un courant. L'instant d'après le levier est de nouveau abaissé par une autre dent de la roue, le martinet soulevé, le fer de contact attiré, un nouveau courant se développe, et ainsi de suite.

Ces courants, dirigés alternativement en sens contraire, étant conduits dans le fil de deux électro-aimants placés de part et d'autre d'une palette aimantée suspendue à un axe horizontal, celle-ci vibre d'une manière régulière, si les courants se succèdent à intervalles égaux. Cette palette étant disposée comme dans le mouvement d'horlogerie d'un récepteur de Télégraphe à cadran, elle laisse passer et arrête alternativement les dents d'une roue à rochet qui met en mouvement l'aiguille à seconde, et, par suite, celles des minutes et des heures. Il est inutile d'ajouter qu'on peut disposer ce système de façon qu'on ne marque que les heures et les minutes, ou bien les heures et chaque cinq minutes. Afin de rendre le mouvement des aiguilles uniforme, j'ai dû augmenter de 8 à 9 kilogrammes les poids de l'horloge régulatrice. Quatre kilogrammes suffiraient si l'horloge était une horloge ordinaire, au lieu d'être une grosse horloge destinée à un service public.

On peut développer, par ce moyen, des courants assez intenses pour faire mouvoir un grand nombre de pendules, si l'on emploie un aimant portant 50 kilogrammes ou plus encore et des bobines à fil fin de plusieurs millimètres de longueur ; mais dans ce cas il faudrait augmenter les poids additionnels.

Ce système d'horloges électriques a marché d'une manière satis-

faisante à l'Université de Liége. Je l'ai plus tard remplacé par un autre, qui permet d'employer des aimants beaucoup plus énergiques, et de régler en même temps la marche de l'horloge à l'aide de poids additionnels moindres (1).

Ce dernier est suffisamment représenté Fig. 11, Pl. XI. Un fort aimant EE′, portant deux électro-bobines à long fil, est fixé horizontalement sur une planche en bois; devant ses pôles tourne, dans un plan vertical, une plaque de fer fixée sur un axe horizontal *xz*, porté par un support *aa′*. Sur le même axe se trouve une roue d'échappement B. Ces trois pièces C, B et l'axe *xz* tournent, au moyen d'un mouvement d'horlogerie, d'un angle droit à la la fois. Leur mouvement est réglé par un levier DD′D″ à charnière, et une fourchette d'échappement D″*mm′*. Le levier est fixé par un bout au point M du pendule P, et par l'autre à l'axe D″. Lorsque le pendule oscille, la fourchette tourne, mais plus lentement que la plaque C; celle-ci est arrêtée un instant par celle-là à l'aide de quatre chevilles-boutons *b* et *b′*, *c* et *c′*, puis elle s'échappe en passant dans les deux bras de la fourchette. Tout est disposé de façon que le courant se développe chaque fois que le pendule P est arrivé dans sa position verticale, et qu'il la quitte. Lorsque l'appareil est en repos, la plaque C se trouve devant les pôles de l'aimant dans la position horizontale ou à angle droit.

L'horloge que je viens de décrire exige l'emploi d'un mécanisme particulier pour faire tourner la plaque de fer, et pour régler en même temps son mouvement, ce qui est un inconvénient. Il se développe, pendant chaque révolution entière de la plaque, quatre courants, qui se succèdent à des intervalles de temps égaux : le premier est produit lorsque la plaque passe de sa position verticale supérieure devant les pôles de l'aimant; le second pendant qu'elle passe de la position horizontale à la verticale inférieure, etc.

L'emploi des courants d'induction, comme force motrice, permet de supprimer le changeur ou commutateur, et par conséquent d'éviter dans la marche des horloges toutes les chances d'irrégularité qui peuvent provenir d'un manque de contact métallique entre les conducteurs fixes et mobiles que le courant doit traverser.

Le changeur est indispensable lorsqu'on se sert des courants

(1) Deux kilogrammes m'ont suffi dans toutes mes expériences.

hydro-électriques, comme force motrice, dans les horloges. Ce dernier système est représenté Pl. XI, Fig. 12. Le courant passe du pôle positif Z, par le fil aa', dans la tige en cuivre F, puis par l', si le pendule a dévié vers la gauche ; par la lame platinée $n'n$, par le fil bb', les électro-aimants de diverses horloges, par le fil $cc'c''$, la lame platinée mm', par $sd'd$M et retourne par les deux électro-aimants A et A', au pôle négatif de la pile. Quand le pendule dévie vers la droite, le courant traverse les mêmes fils, mais en sens contraire.

Il est plus simple de remplacer les deux électro-aimants A et A' par un seul, entre les pôles duquel doit se trouver la palette NS fixée à la verge du pendule. L'intervalle à laisser entre ces aimants fixe et temporaire, ainsi que leur distance relativement à l'axe de suspension M, sont faciles à déterminer par l'expérience. Les actions réciproques des deux aimants ont pour résultat de rendre plus intimes les contacts entre les conducteurs fixes et mobiles, et de faire chaque fois équilibre aux causes résistantes. Leurs pôles ne doivent pas être trop rapprochés, afin que leur influence soit modérée et à-peu-près constante, alors même que l'intensité du courant varie entre certaines limites.

Il est, à mon avis, préférable d'employer dans la construction des horloges électriques, un changeur à mercure, composé : 1° d'un godet en bois sec, divisé par une lame isolante d'ivoire en deux compartiments semi-circulaires A et B, communiquant, l'un avec le pôle positif, et l'autre avec le pôle négatif de la pile; 2° d'une bascule horizontale, semblable à celle proposée par Ampère pour changer la direction des courants électriques. Cette bascule, portée par un axe horizontal, est attachée à la verge du pendule, de telle sorte que celui-ci, oscillant de la droite vers la gauche, elle tourne un peu sur son axe et transmet le courant dans un sens, et qu'ensuite le pendule, déviant de la gauche vers la droite, la bascule tourne aussi en sens contraire et transmet le courant en sens inverse à travers les fils de toutes les pendules électriques.

Les horloges électriques où l'on supprime le ressort de rappel, en se servant de deux électro-aimants, conservent leur marche uniforme alors même que l'intensité du courant varie; les battements du pendule se font avec la même intensité des deux côtés de la position verticale. Les poids à ajouter pour vaincre la résistance qu'occasionnent les contacts entre les diverses pièces conductrices doivent être, d'après mes expériences, d'environ un kilo-

Pl. L.

che

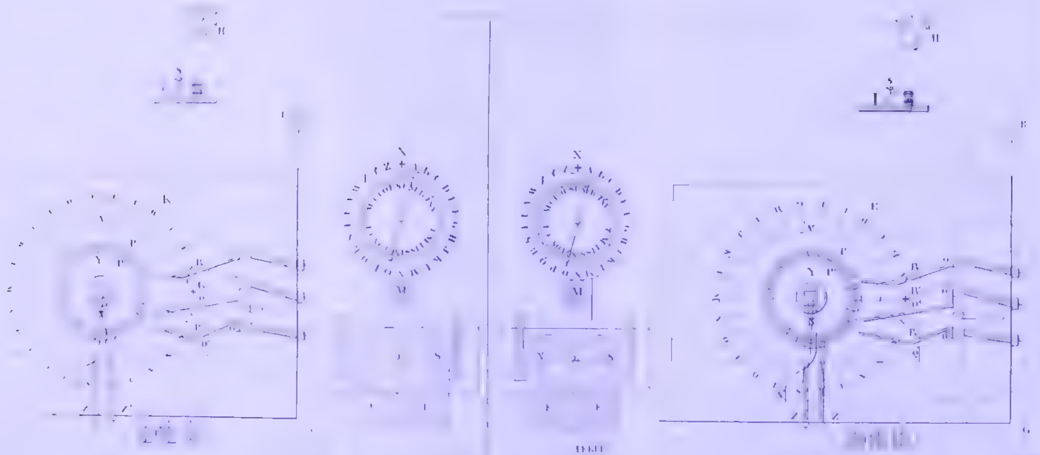
re.

POSTE TÉLÉGRAPHIQUE

Télégraphe à Cadran avec Clavier complet

POSTE ATTAQUANT

POSTE RECEVANT.



sont [illegible] Pl. III et VIII

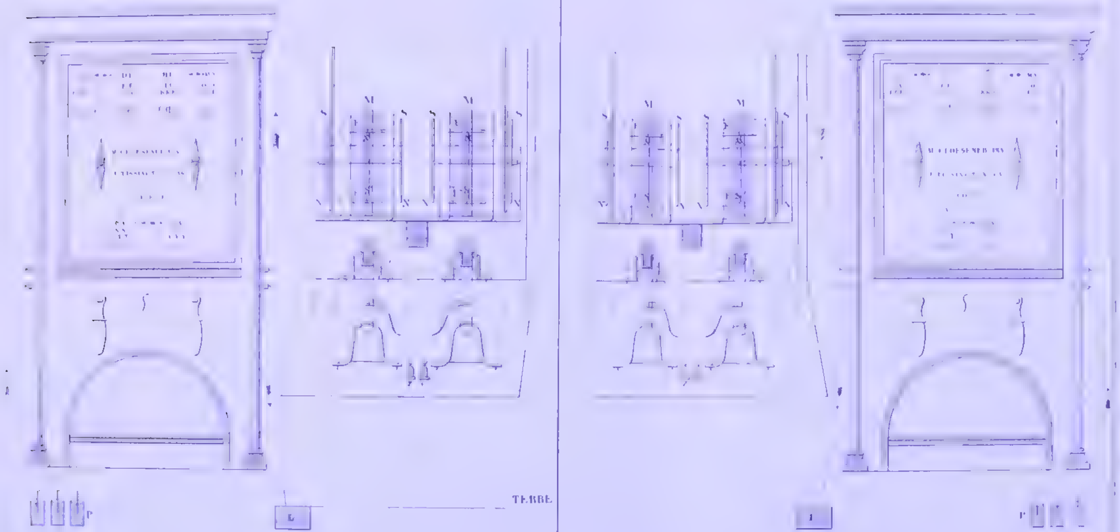
El. : [illegible] aimants dont en derrière et dans le même plan est mobile.
B Boussole
S Sonnerie
L [illegible] de cuivre
F Fil de ligne
G Fil de terre

H Commutateur
X' Tige d'arrêt
X Aiguille indicatrice
Y Lame d'acier tournant, servant à abaisser la touche du signe + et à maintenir en repos le transmetteur
Voir pour les autres lettres le paragraphe X

TELEGRAPHE COMPLET A DEUX AIGUILLES

avec multiplicateur à trois Aiguilles, et deux électro aimants.

POSTE TRANSMETTANT. | POSTE RECEVANT



P Pile
M Multiplicateur
NS NS NS Aiguilles aimantées
EE Électro aimants

Fig. 1. Vue de Face

Fig. 1. Vue de Face

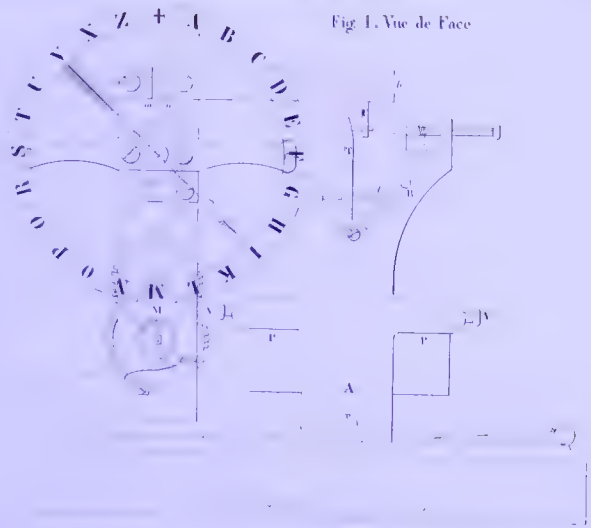


Fig. II.

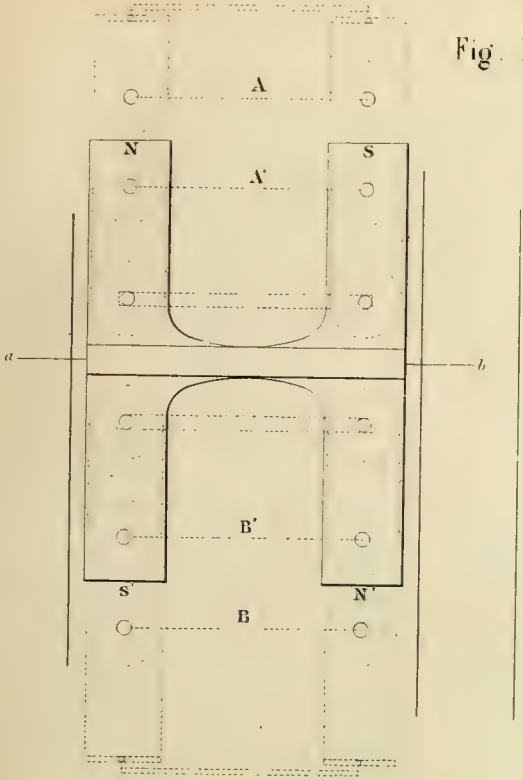
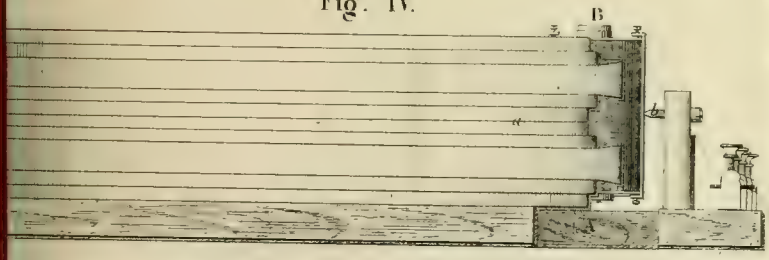


Fig. IV.



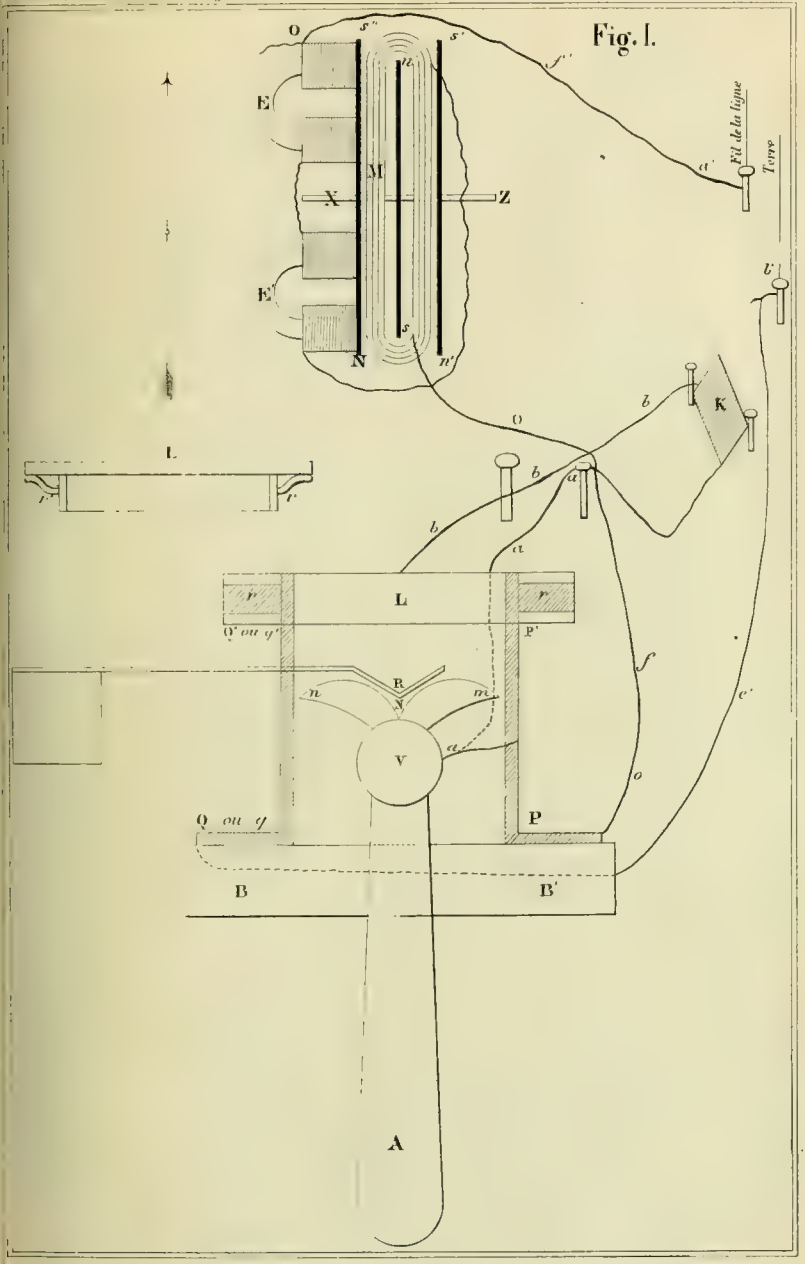


Fig. I.
O
E
E'
M
X
Z
N
Fil de la ligne
Terre
K
L
P
P'
B
B'
A
V
R

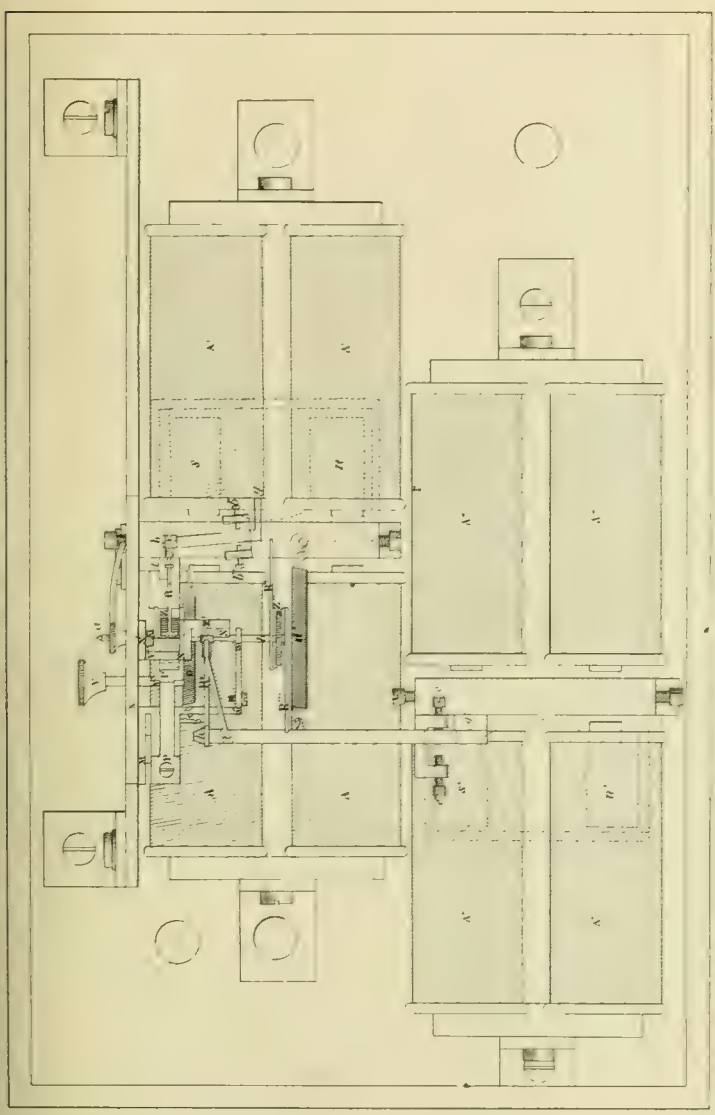
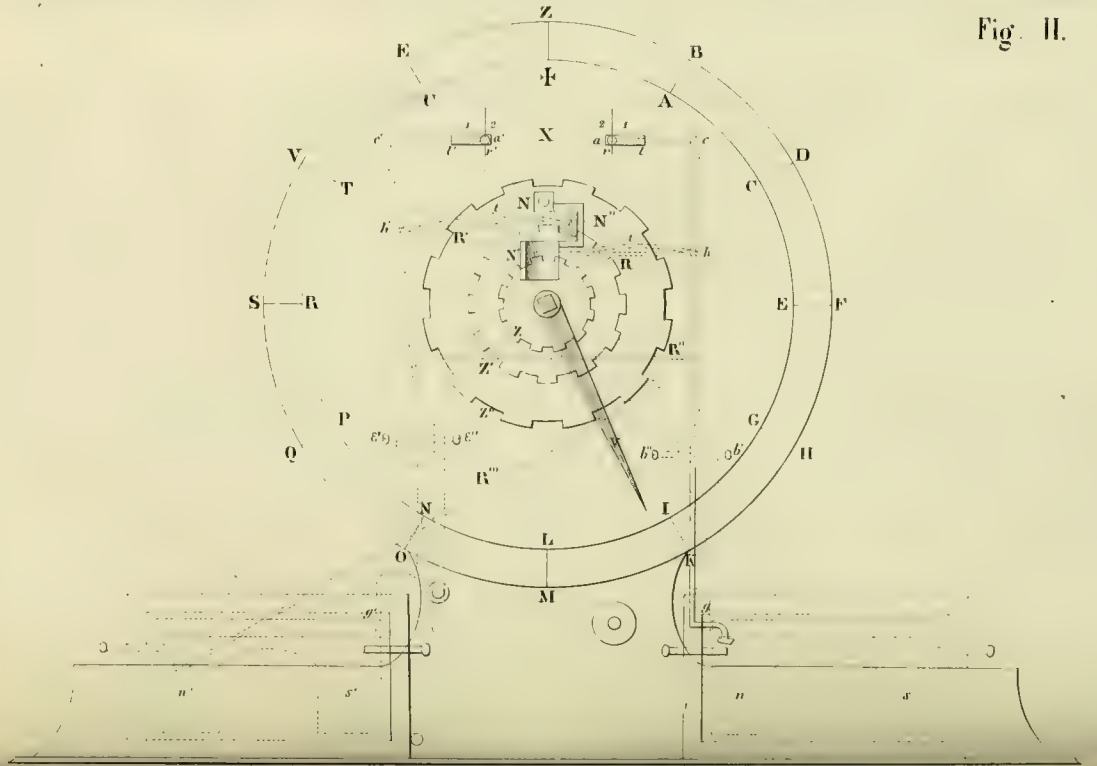


Fig. 1.

Fig. II.



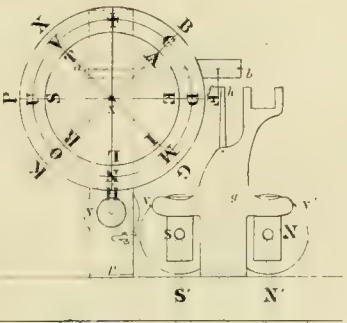


Fig I.

Vue de Face

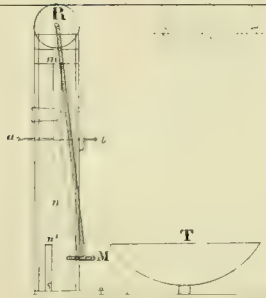


Fig II.

Vue de Coté

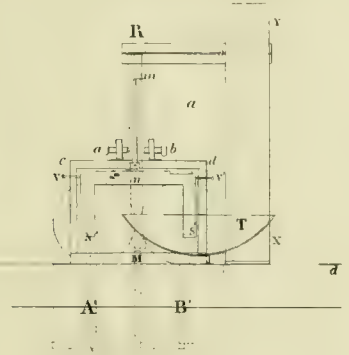


FIGURE I

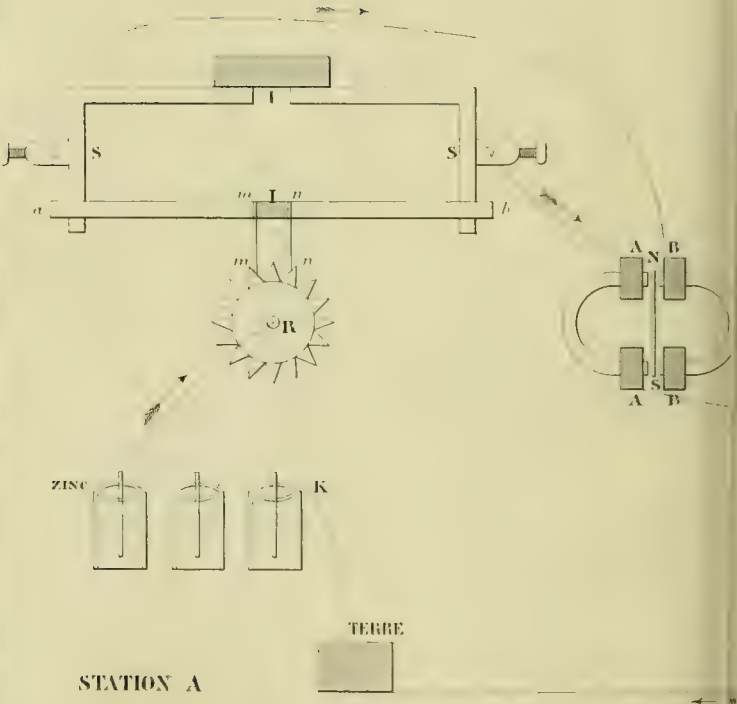
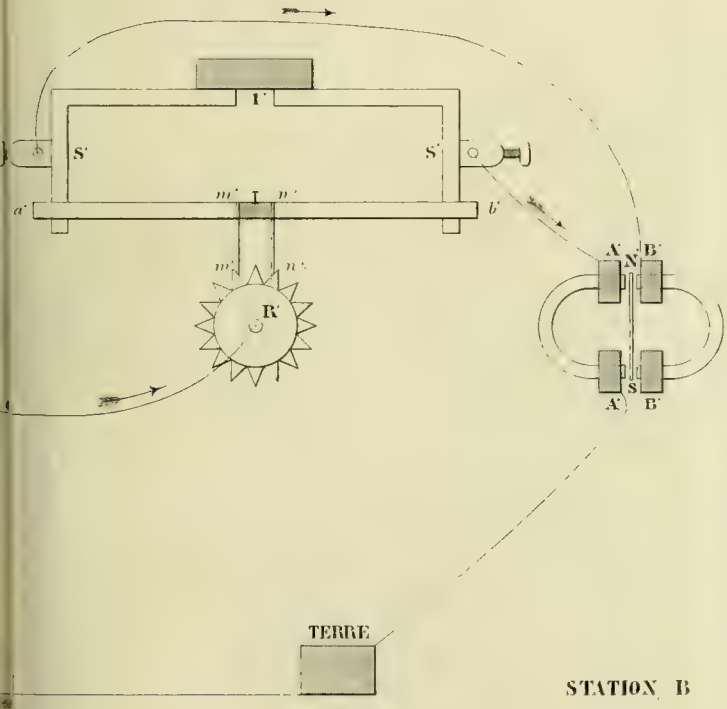


FIGURE 1



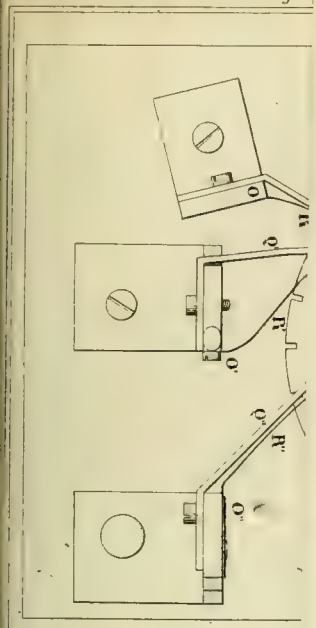

O
R'
O'
O'
R'
O'

Fig. IV.

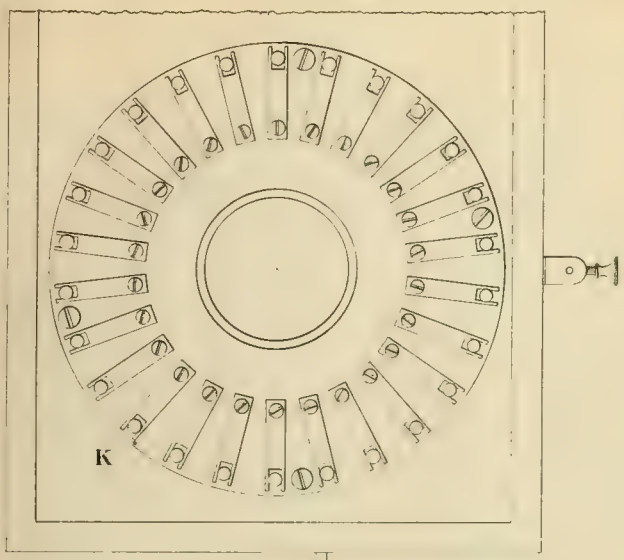
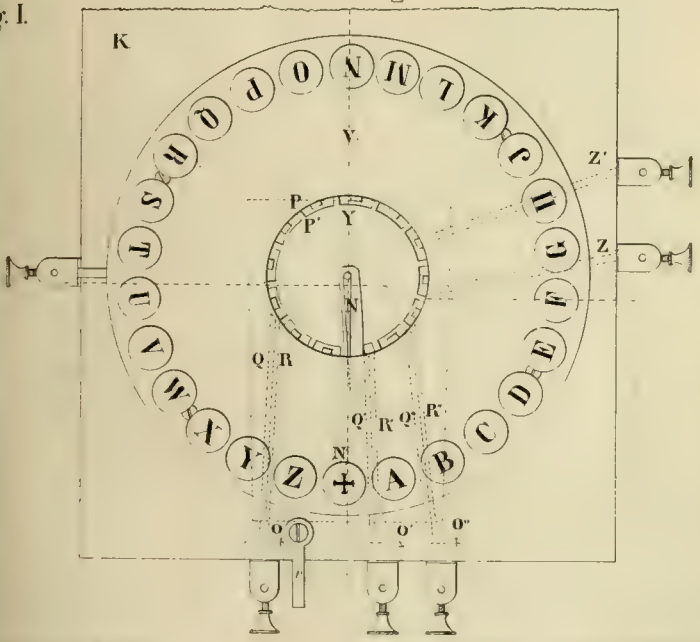


Fig. I.



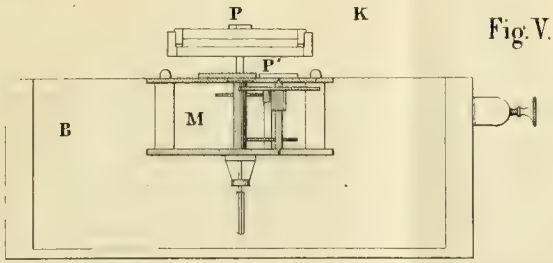


Fig. V.

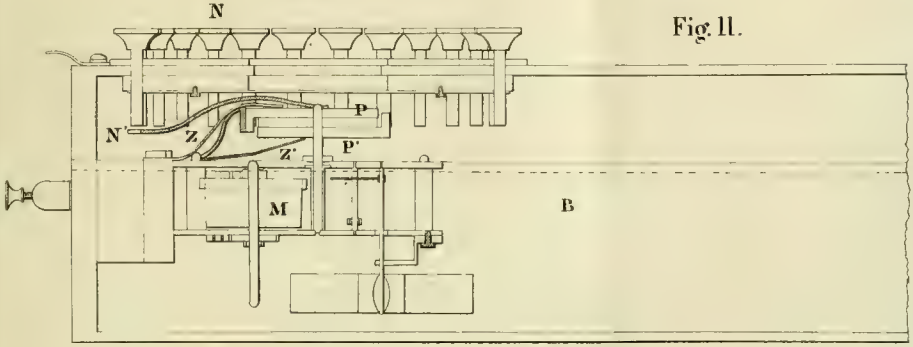
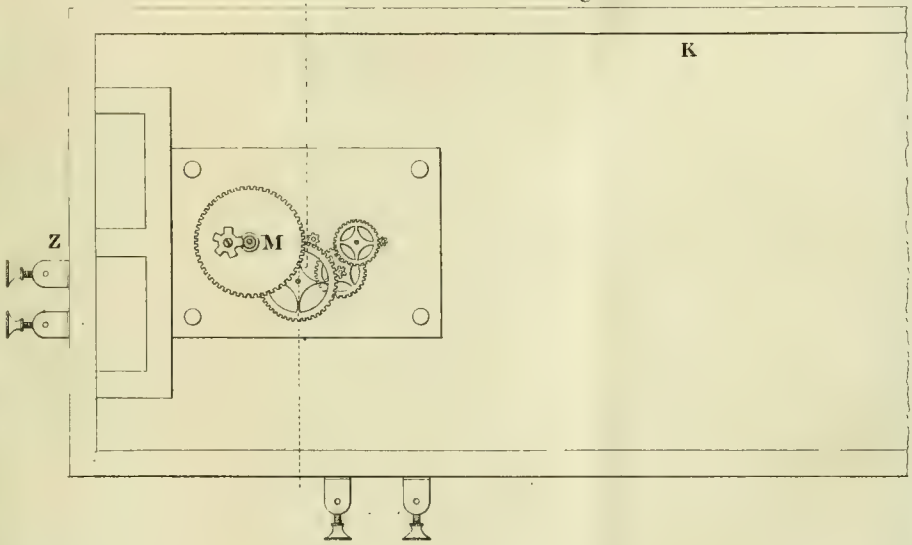


Fig. II.

Fig. III.



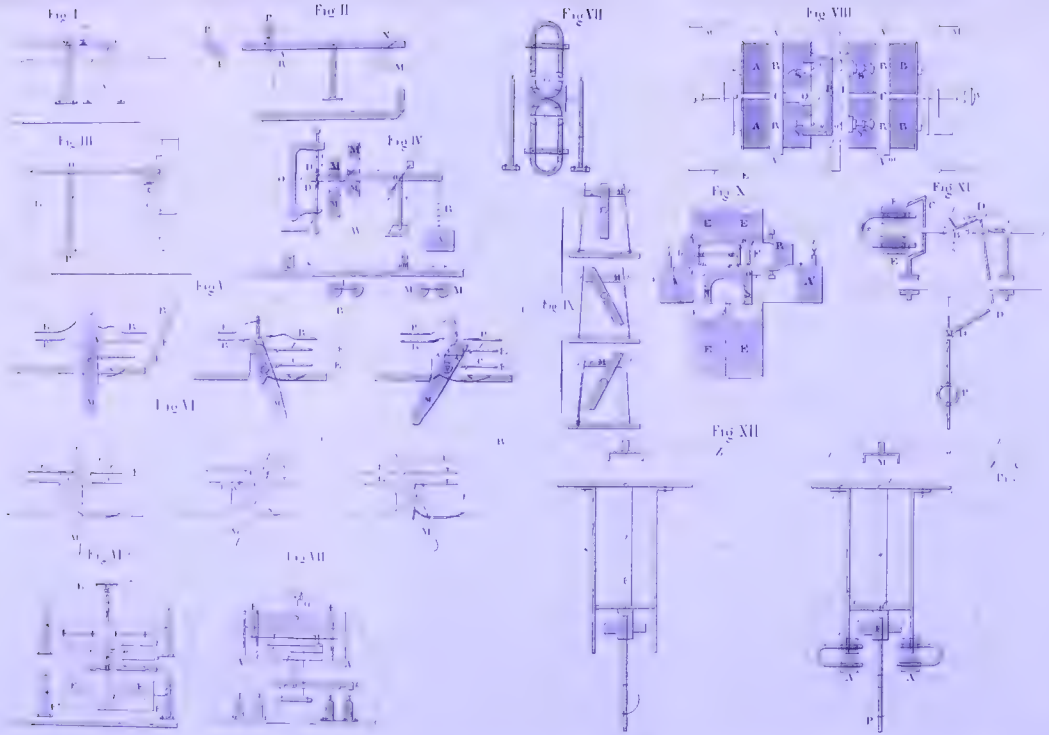
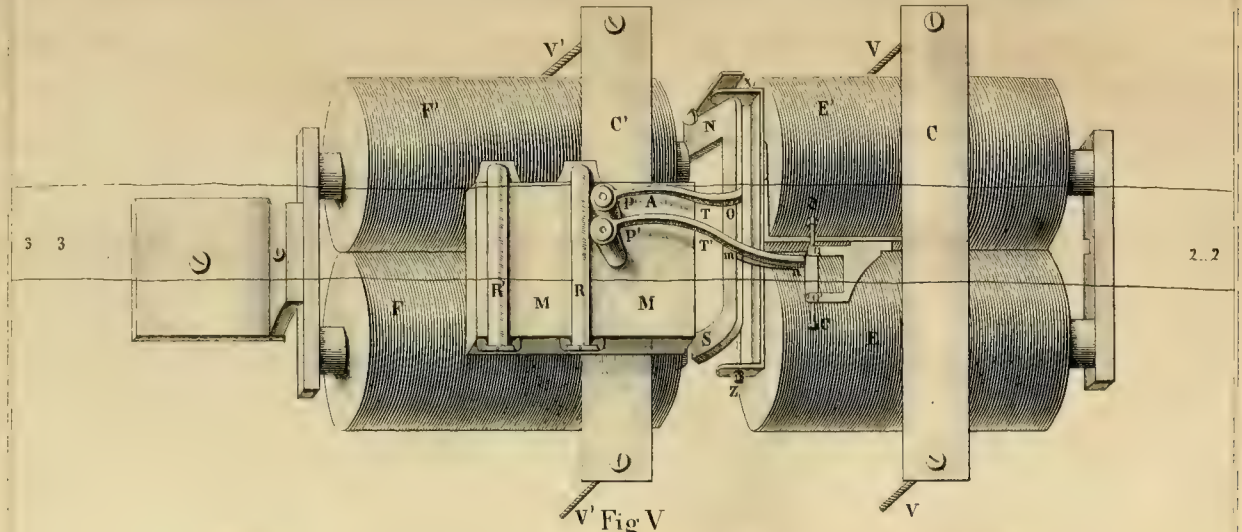
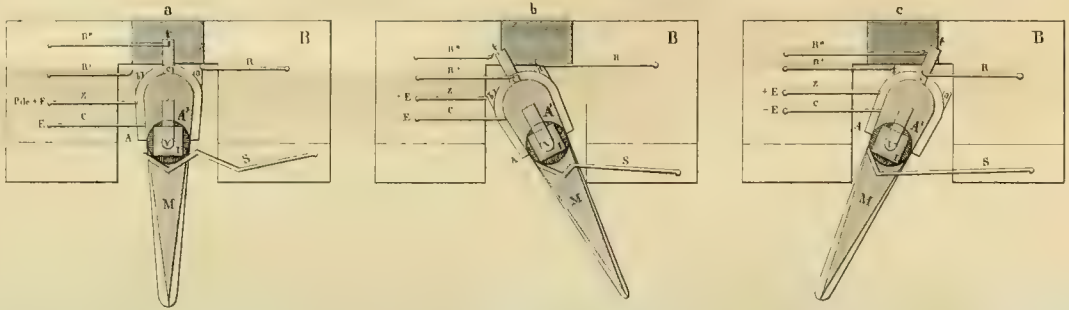


Fig I
Fig II
Fig III
Fig IV
Fig V
Fig VI
Fig VII
Fig VIII
Fig IX
Fig X
Fig XI
Fig XII
Fig XIII
Fig XIV

Planche XII. fig. I.





gramme et demi pour des pendules de corridors, lorsque je me sers du changeur représenté Fig. 11. Mais en me servant du changeur avec mercure et à bascule, les poids additionnels sont tout-à-fait minimes ; c'est ce dernier changeur qui est le meilleur de tous.

Je termine ici ce travail, sans m'occuper des deux dernières questions relatives aux Galvanomètres et à l'influence du Magnétisme ordinaire sur le corps humain, que j'ai fait figurer en commençant parmi celles que je devais traiter. Outre qu'elles n'ont pas de rapports directs avec la Télégraphie, je désire les soumettre à des expériences dont l'idée m'est venue en rédigeant ce Mémoire.

VII. — *Mémoire sur l'Équilibre physique des Machines*,

PAR

M. STEICHEN,

PROFESSEUR A L'ÉCOLE MILITAIRE.

INTRODUCTION.

La question de l'équilibre de plusieurs forces appliquées à une machine simple, eu égard au frottement et à d'autres résistances nuisibles, a été traitée à diverses reprises et par différents auteurs : mais comme cette matière laisse encore à désirer, nous croyons devoir la reprendre dans les notions fondamentales ; et sans craindre de reproduire parfois ce qui est établi déjà sur un fondement solide, nous nous efforcerons de la traiter de la manière la plus consciencieuse et la plus complète possible.

La méthode ordinaire de faire usage des principes de mécanique, telle qu'elle a été employée dans de certains cas par des géomètres éminents, Navier, Coriolis, Poncelet et Poisson lui-même ne nous paraît pas toujours à l'abri de toute objection, et leur manière surtout d'appliquer les six conditions d'équilibre connues peut conduire parfois à des résultats erronés. La théorie de l'équilibre de la vis que nous avons publiée précédemment dans le présent recueil, et les idées que nous y avons émises, tendent à justifier cette assertion qui sera corroborée encore par quelques-uns des exemples nombreux de machine que nous traiterons dans ce mémoire.

Quand un système matériel, plus ou moins gêné par des obstacles, est en équilibre de repos sous l'action de plusieurs forces sollicitantes, on peut selon la méthode ordinaire, substituer aux pressions normales, souffertes par les obstacles, des forces actives égales et contraires à ces pressions, et considérer ensuite le système comme parfaitement libre, et en équilibre sous l'action de toutes les forces : dire partant que la somme algébrique des projections orthogonales de ces forces suivant un axe quelconque est nulle; sans

invoquer aucun exemple, on peut faire comprendre que cette thèse ou plutôt cette hypothèse de la méthode ordinaire n'est pas nécessairement exacte dans tous les cas : en effet quand un système est gêné par des obstacles, par des axes fixes de rotation, par des points fixes, par des surfaces fixes ou mobiles, il n'est plus susceptible que de certains mouvements définis. Tel est par exemple le cas d'une machine quelconque qui ne peut prendre qu'un mouvement défini pour chacun de ses points, et le mouvement diamétralement opposé. Or pour qu'un tel système soumis à des forces données soit en équilibre, il est évidemment *nécessaire* et *suffisant* qu'il ne puisse prendre aucun des mouvements dont il est susceptible : il faut et il suffit donc aussi que la somme des moments virtuels effectifs, c'est-à-dire des moments qui correspondent à l'un quelconque des déplacements possibles, ou au déplacement unique possible, soit égal à zéro.

Rien du moins ne justifie donc à priori l'exactitude absolue de cette hypothèse qui exige l'égalité à zéro de la somme des moments virtuels *arbitraires* des forces en équilibre : l'existence et l'exactitude des six conditions d'équilibre connues, qu'il est certes permis de considérer comme une conséquence du principe des moments virtuels arbitraires, restent donc aussi sujettes à contestation pour l'espèce de systèmes dont il s'agit. S'il en est ainsi, le principe des moments virtuels effectifs appartient plus particulièrement à la mécanique physique, tandis que le principe plus général des moments virtuels arbitraires doit être exclusivement relégué dans le domaine de la mécanique rationnelle et de la mécanique céleste où l'on ne considère que des corps et systèmes des corps parfaitement libres.

Il convient d'indiquer aussi, ce qui d'ailleurs a été déjà fait par M. Poncelet, l'utilité de la question générale qu'il s'agit de traiter.

Pour évaluer le rapport de l'effet utile produit en un temps donné à la quantité de travail fournie par les forces sollicantes dans une machine en mouvement, il faut connaître la définition géométrique de la machine; savoir évaluer les résistances passives auxquelles elle est soumise à un instant quelconque; rechercher l'équation des moments virtuels des forces de toute espèce, celles d'inertie y comprises : en intégrant cette équation entre les limites qui répondent au temps donné, on obtiendra la valeur de l'effet utile produit en fonction de l'effet utile dépensé, ce qui conduit aisément à la valeur du rapport dont il s'agit.

Mais le plus souvent la vitesse de la machine est assez faible, et les dimensions des pièces dans la direction normale à celle du mouvement sont assez petites, pour que l'on puisse négliger la résistance des fluides dans lesquels elle se meut ; de plus la nature de l'ouvrage produit exige que le mouvement soit aussi uniforme que possible ; et à défaut d'une uniformité rigoureuse on doit faire en sorte que la vitesse des pièces principales de la machine reste comprise entre des limites assez resserrées. Quant aux pièces à mouvement alternatif, ce sont elles qui par leur force d'inertie rendent impossible cette uniformité rigoureuse ; car tantôt elles ajoutent leur effet dynamique à l'effet moteur, et tantôt elles l'en retranchent ; mais le plus souvent elles ont une faible masse relative en négligeant celle-ci, et remarquant que la variation de la vitesse générale est peu étendue, et quelle est périodique, on pourra également négliger les forces d'inertie de ce genre : enfin les pièces solides les cordons, veines liquides,... sont généralement fort peu compressibles ou extensibles et flexibles ; de sorte que les forces moléculaires qui se développent dans le changement de forme, n'absorbent qu'une faible quantité de travail, même en un temps fort long, pourvu qu'il n'y ait ni choc ni rupture. Ainsi dans la plupart des cas on peut admettre que l'équilibre dynamique ait simplement lieu entre les forces motrices, les résistances utiles et les résistances nuisibles du frottement et de la raideur des cordes : celles-ci sont dues d'ailleurs aux forces actives du système, aux poids de ses pièces, et aux forces centrifuges.

Toute la question est donc ramenée à égaler la quantité de travail des résistances utiles à la somme des quantités de travail instantanées des forces motrices, diminuée de la somme des effets virtuels absorbés par les résistances nuisibles : mais dans une machine définie les espaces parcourus par les points d'application des diverses forces dans un même instant, et projetés sur leurs directions, peuvent être tous évalués en fonction d'un seul ; ce qui donne en quantités finies le rapport de l'effet utile à l'effet dépensé pour un instant quelconque désigné. De plus on voit que toute la recherche se réduit à trouver l'intensité de la résistance utile, propre à équilibrer des forces sollicitantes connues et des résistances passives encore inconnues, notamment celle du frottement, laquelle dépend néanmoins d'après une loi connue des forces actives.

Pour présenter des exemples nous traiterons successivement du *plan incliné*, du *treuil*, de la *poulie à axe fixe*, de la poulie à *axe*

mobile, des *poulies mouflées*, de la *vis sans fin*, de la *balance à bascule*, de la *roulette à axe mobile*, ou *roue de voiture*, de la *théorie des voitures* à deux et à quatre roues, etc... — Il est vrai que la plupart de ces questions ont été traitées déjà et profondément éclaircies par M. Poncelet; et si nous en reprenons encore la solution, c'est dans l'unique but et dans l'espoir de jeter quelque nouveau jour sur les difficultés considérables que certains cas offrent encore; car comme nous l'avons dit, nous ne sommes pas toujours d'accord dans notre manière de voir avec les géomètres cités plus haut; nous différons même d'avis en quelques points essentiels avec M. Poncelet, le principal fondateur de la mécanique physique ou appliquée, considérée comme une science spéciale; mais pour appuyer notre argumentation, nous avons le plus souvent recours à cette distinction importante signalée plus haut, entre le principe des moments virtuels effectifs et celui des moments virtuels arbitraires de diverses forces en équilibre.

§ I. Du principe des moments virtuels. Dans mon cours de Statique j'ai exposé le moyen de découvrir et de démontrer le principe pour le cas particulier d'une puissance et d'une résistance en équilibre sur une machine. Soient les puissances P, P′, P″... et les résistances Q, Q′, Q″,... toutes appliquées à une machine, et supposons que l'équilibre subsiste. Soient A, A′, A″... les points d'application extérieurs des forces P; B, B′, B″.. ceux des forces Q; dp, dp', dp''.. les chemins virtuels contemporains décrits par les points A dans le sens même des forces P; dq, dq', dq''... les chemins décrits par les points B dans le sens contraire des résistances, pendant que la machine se déplace et se déforme infiniment peu. Suivant le prolongement contraire de la ligne d'action de P et au point A je puis toujours trouver un force $-P_1$ capable d'anéantir l'effet de P′ en A′; une force $-P_2$ capable d'anéantir l'effet de P″ en A″; etc. De même suivant le prolongement contraire de Q en B je puis trouver une force $-Q_1$ capable d'anéantir Q′ en B′, une force $-Q_2$ capable d'équilibrer Q″ en B″, etc..; or il est manifeste que chaque force $-P_\mu$ du groupe ($-P_1$, $-P_2$, $-P'_3$...) étant prise en sens contraire doit être strictement capable de l'effet dynamique même de la force $P^{(\mu)}$; il est donc permis de supprimer les forces P′, P″.., et de les remplacer par une somme de forces $P_1 + P_2 + P_3 +$ etc., agissant suivant la ligne même de P, ce qui donne au point A une force totale et unique $P+P_1+P_2+P_3+$ etc.

On verrait de même que les forces Q, Q′, Q″.. peuvent se remplacer par une force unique en B, égale à la somme $Q+Q_1+Q_2+Q_3+$ etc... ; et l'équilibre ne cessant pas d'avoir lieu entre ces deux forces totales, on aura d'après le texte cité :

$$Pdp+P_1dp+P_2dp+\text{etc...}=Qdq+Q_1dq+Q_2dq+\text{etc...}$$

Mais puisque par hypothèse —P_1 doit équilibrer P′ séparément, et qu'il en est de même de P_2 pour P″, etc... nous aurons :

$$P_1dp=P'dp',\quad P_2dp=P''dp'',\quad P_3\cdot dp=P'''\cdot dp''',\ \text{etc.....}$$

et de même : $Q_1dq=Q'dq'$, $Q_2dq=Q''dq''$, $Q_3dq=Q'''dq'''$, etc.

On obtient donc ainsi par substitution :

$$Pdp+P'dp'+P''dp''+\text{etc...}=Qdq+Q'dq'+Q''\,dq''+\text{etc.}$$

Cette équation exprime que quand des forces se font équilibre sur une machine, la somme des moments virtuels effectifs des puissances est égale à la somme des moments des résistances. Elle est suffisante aussi pour assurer l'équilibre, puisque dans la supposition que la machine soit au repos, elle exprime que le seul mouvement possible sous l'action des forces se trouve anéanti. Rien ne justifie donc *à priori* les conditions surabondantes auxquelles pourrait conduire le principe des moments arbitraires, appliqué à des cas de ce genre. Mais cette restriction ne doit pas nous empêcher de chercher à donner aussi une démonstration du principe général tel qu'il subsiste pour un système de corps parfaitement libre. Or, à chaque force appliquée à un tel système on peut toujours substituer à l'aide d'une poulie de renvoi et d'un cordon parfaitement flexible et inextensible un poids ou corps pesant concentré en un point, et exerçant sur le cordon une tension égale à la force : c'est ce poids fictif que je nommerai le poids équivalent à la force proposée.

Cela étant ainsi entendu, je dis que *quand le centre de gravité d'un système de forces, ou plutôt de leurs poids équivalents, est le plus profondément ou le plus haut placé, ces forces ou poids se font équilibre.*

En effet, si cet équilibre n'a pas lieu, il faut que dans un temps plus ou moins court le système se déplace d'abord infiniment peu sous l'action même des forces. Mais dans ce déplacement le centre de gravité des poids équivalents doit rester immobile, puisqu'en vertu de sa situation extrême par hypothèse, sa descente verticale positive ou négative est nulle d'abord, et qu'il n'y a pas de raison pour qu'il se déplace horizontalement dans un sens plutôt que

dans le sens contraire. En effet, sa vitesse est d'abord nulle suivant toutes les directions; et l'on ne saurait admettre que les poids équivalents puissent provoquer dans ce point une vitesse suivant une direction horizontale de préférence à toute autre. Or, je dis qu'en conséquence de cette immobilité du centre chaque poids particl restera aussi immobile. Soient, en effet, P,P',P''... ces poids; (x,y,z), $(x',y',z')(x'',y'',z'')$ les coordonnées rectangles de leurs points d'application, considérés dans les positions initiales qui répondent à la situation extrême (x_1,y_1,z_1) de leur centre de gravité : on aura par suite de la définition de ce point et à cause de la proportionnalité des poids des corps à leurs masses :

$$Px+P'x'+P''x''+\text{etc...} = (P+P'+P''+\text{etc...})x_1,$$
$$Py+P'y'+P''y''+\text{etc...} = (P+P'+P''+\text{etc...})y_1,$$
$$Pz+P'z'+P''z''+\text{etc...} = (P+P'+P''+\text{etc...})z_1.$$

Mais quelle que soit la figure géométrique et la constitution mécanique du système, il faut que l'on puisse déterminer dans chaque cas les coordonnées des points d'application des forces en fonction de celles du seul point d'action de la force P, par exemple, car autrement le système ne serait pas défini. Ainsi l'on peut faire en général :

$$x'=f_1(x,y,z), y'=\varphi_1(xyz), z'=\psi_1(xyz),$$

les symboles $f_1\varphi_1\psi_1$ exprimant des formes de fonction qui résultent de cette définition; et de même :

$$x'=f_2(xyz), y''=\varphi_2(xyz), z''=\psi_2(xyz)...$$

et ainsi de suite pour les coord. x''',y''',z'''..... Donc les trois premières équations se réduisent à trois équations avec trois inconnues x,y,z pour lesquelles elles donnent des valeurs déterminées et invariables, puisque les coordonnées centrales $x_1y_1z_1$ sont elles-mêmes invariables et ne changent pas avec le temps à cause de l'immobilité du centre; donc les poids P,P',P'' restent immobiles, et il en est par conséquent de même du système entier.

Mais si on lui imprime un déplacement différentiel compatible avec la liaison de ses parties, et d'ailleurs arbitraire, les coordonnées $x_1y_1z_1$ changeront des quantités $\delta x_1\delta y_1\delta z_1$; et en supposant verticaux les deux plans coordonnés (zx,zy), on aura à cause de la situation extrême du centre $\delta z=0$; partant en vertu de la 3^{me} équation

$$P\cdot\delta z + P'\cdot\delta z' + P''\cdot\delta z'' + \text{etc...} = 0.$$

Équation de condition qui exprime que le centre de gravité des poids équivalents est dans sa position extrême. Il est démontré ainsi que l'équilibre a lieu quand cette condition est satisfaite par suite de cette position extrême.

Remarque I. La démonstration précédente ne présuppose aucun autre principe de mécanique, car on y admet seulement ce qu'en statique on admet toujours par l'expérience, à savoir la proportionnalité des poids des corps à leurs masses, et la notion du centre de gravité. Or, nous basons cette notion et celle du centre d'inertie sur une définition purement géométrique. (Voir notre Cours de statique).

Remarque II. Je dis réciproquement que quand il y a équilibre entre des forces où leurs poids équivalents $P,P',P''\ldots$, la somme algébrique de leurs moments virtuels est égale à zéro. En effet, si cette somme, qui est $\Sigma.P\delta z$ ou $\Sigma.Pdz$ selon les cas, n'est pas nulle, on pourra toujours appliquer même à un point quelconque du système ou de la machine une force Q telle qu'on ait pour un déplacement arbitraire ou effectif :

$$-Q\cdot\delta q = \Sigma.P\delta z \text{ ou } -Q.dq = \Sigma\cdot P dz.$$

Donc dans la figure initiale le centre de gravité des forces $(P,P',P'',\ldots Q)$ serait *généralement* placé dans l'une de ses positions extrêmes, et il y aurait par conséquent équilibre entre toutes ces forces; et comme par hypothèse les forces P, P', P'' se font déjà équilibre entre elles, la force Q doit être nulle, ce qui exige par conséquent que l'on ait :

$$\Sigma\cdot P\delta z = 0 \text{ ou } \Sigma\cdot P\cdot dz = 0.$$

Mais il se peut que l'on ait $\Sigma.P\delta z + Q.\delta q = 0$, sans que le centre de gravité des forces P,P',P'' et Q soit dans une situation extrême ; car une fonction variable peut avoir une variation instantanée nulle sans avoir acquis sa valeur maximum ou minimum. Mais dans ce cas même en dérangeant infiniment peu la figure des points d'application des forces P,P' et Q, leur centre de gravité ne saurait se déplacer verticalement ; et comme il n'y a pas encore de raison pour que ce point se déplace horizontalement suivant une direction plutôt que suivant la direction contraire, il s'ensuit qu'il doit rester immobile sous l'action même des forces $(P,P'\ldots Q)$; donc on doit avoir encore $Q = 0$, puisque par hypothèse les forces P

se font déjà équilibre à elles seules ; de sorte qu'il vient simplement $\Sigma . P\partial z = 0$.

Remarque III. Il suit de là que contrairement à ce qu'on lit dans les auteurs, l'équilibre peut parfois subsister entre des forces où leurs poids équivalents, sans que leur centre de gravité se trouve dans une situation extrême *absolue* ou *relative*. Tel serait, par exemple, le cas d'une machine soumise à des poids dont le centre de gravité décrirait une courbe fermée, pourvue d'un point d'inflexion à tangente horizontale. Pour une telle situation on aurait en effet $\Sigma P dp = 0$, en vertu de $dz_1 = 0$; ce cas prouve également qu'il est inexact d'affirmer d'une manière générale que les figures d'équilibre stables et instables se succèdent nécessairement. (Voir un Mémoire de M. Lejeune-Dirichlet et notre propre travail inséré dans le Journal de M. Liouville, 1847 et 1848).

§ 2. *Théorème. Tout mouvement de roulement d'une courbe, roulant sur une autre courbe plane est équivalent à la rotation instantanée de chaque point du plan de la courbe mobile autour de son point de contact actuel avec la courbe fixe.*

Nota. J'ai cru devoir énoncer ce théorème, parce qu'il pourra m'arriver d'en faire tacitement l'emploi dans quelques-unes des questions à traiter. Mais je dois m'abstenir pour le moment de tout développement, parce que j'ai déjà traité ce sujet dans un Mémoire destiné au Journal de M. Crelle.

§ 3. *Rapport de l'effet utile à l'effet dépensé.* Soit I ce rapport en un temps donné et pour le cas d'une machine quelconque définie: nommons P,P'.. les forces motrices, Q,Q'.. les résistances utiles, F,F'.. les frottements et autres résistances nuisibles, s'il y en a; soient aussi dp, dp'.. les chemins virtuels effectifs, décrits par les points d'application des forces P; dq, dq',.. les chemins analogues relatifs aux forces Q; df, df'.. ceux des forces F; tous ces chemins étant estimés dans le sens même des lignes d'action des forces, on aura, en vertu de ce qui est dit au § I :

$$\Sigma . P . dp = \Sigma . Q dq + \Sigma . F . df.$$

Mais on n'a pas la définition même du rapport I

$$I = \Sigma . Q dq : \Sigma P dp.$$

valeur qui devient en vertu de l'équation des moments virtuels :

$$I = {}^{\Sigma}Q dq : ({}^{\Sigma}Q dq + {}^{\Sigma}F df) = ({}^{\Sigma}P dp - {}^{\Sigma}F df) : {}^{\Sigma}P dp.$$

Or dans chaque cas défini tous les chemins élémentaires peuvent s'exprimer en fonction d'un seul dp, par exemple, et diverses variables et constantes, ce qui conduit à la valeur de I pour chaque instant. On voit aussi que la quantité I peut avoir une valeur fixe et unique pour une machine, ou bien une valeur qui varie avec le temps dans une même machine.

§ 4. *Du plan incliné.* Soient AG, GB (fig. I) les longueur et hauteur du plan incliné, et α son inclinaison à l'horizon. Nommons Q le poids en kilogr. du corps pesant qui doit être maintenu en équilibre sur le plan, ou soulevé d'un mouvement uniforme par une puissance P′ inconnue d'intensité, mais donnée quant à sa ligne d'action $\overline{AP}$ qui fait avec la direction $\overline{AG}$ un angle β.

En désignant encore par f le coëfficient du frottement relatif au corps et au plan incliné, on trouve d'abord facilement :

$$P = Q(\sin\alpha + f\cdot\cos\alpha) : (\cos\beta + f\cdot\sin\beta).$$

Pour avoir la valeur de la force P′ capable d'équilibrer le poids Q pendant sa descente uniforme sur le plan, on peut établir directement la condition dans ce sens, et l'on obtient :

$$P' = Q(\sin\alpha - f\cdot\cos\alpha) : (\cos\beta - f\cdot\sin\beta).$$

On voit par là qu'en appliquant au corps, suivant la ligne $\overline{AP}$ une force égale à P, le poids Q pris d'abord au repos sur le plan sera sur le point de glisser d'un mouvement ascendant; que si l'on y applique la force P′, il sera au contraire sur le point de descendre sur le plan. Dans l'un et l'autre cas l'état du corps est un véritable état d'équilibre, mais si l'on y applique une force comprise entre P, P′, le corps qui restera en repos ne se trouve pourtant plus à l'état d'équilibre. On pourrait examiner les cas où la force P agirait suivant une direction en A, inférieure à celle de la ligne de plus grande pente, où elle agirait parallèlement, et celui où elle serait horizontale. Cherchons le rapport I de l'effet utile à l'effet dépensé.

Pendant que le poids glisse d'un chemin de sur le plan, l'effet produit est $Q.de\sin\alpha$, et la quantité de travail dépensée par la force P vaut $P\cdot de.\cos\beta$. Mais l'équilibre dynamique ayant lieu entre les forces $P\cdot\cos\beta$, $Q\cdot\sin\alpha$, $f\cdot Q\cos\alpha$, $-f\cdot P\sin\beta$; on aura donc :

$$P\cos\beta\cdot de = Q\sin\alpha.de + f\cdot Q\cdot\cos\alpha.de - f\cdot P\cdot\sin\beta\cdot de\,;$$

équation qui reproduit la valeur de P déjà obtenue plus haut. De plus le rapport $I = Q\cdot\sin\alpha\cdot de : P\cos\beta\cdot de$ devient par substitution :

$$I = Q\cdot\sin\alpha : P\cos\beta = (1 + f\cdot\operatorname{tang}\beta) : (1 + f\cdot\operatorname{cotg}\alpha). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

On voit que cette valeur de I croît avec la quantité β.

Il semble donc qu'elle puisse devenir infinie pour $\beta = 90°$; ce qui est évidemment absurde, puisque ce rapport devient au plus égal à l'unité dans l'hypothèse que les résistances passives soient insensibles. Il importe de lever cette difficulté.

Or il est inexact d'admettre que l'angle β puisse croître indéfiniment et jusqu'à la limite de 90° : car en introduisant le frottement dans la condition d'équilibre, on admet par là même que le corps soit astreint à glisser sur le plan incliné : pour être conséquent, on doit exclure toute supposition ultérieure d'après laquelle le glissement cesserait d'avoir lieu. On est ainsi ramené à rechercher le moyen d'exprimer analytiquement cette condition d'exclusion et à retrouver une inéquation de condition générale relative à l'équilibre du plan incliné et dont nous avons déjà donné un exemple dans le cours de Statique.

Mais évidemment tout revient à exprimer que le corps pesant ne puisse tourner autour d'aucune de ses arêtes en m ou en n, $m\,n\,p\,q$ étant la coupe du corps pesant par le plan vertical mené suivant la ligne de plus grande pente qui passe par le centre de gravité. En abaissant de ce point G une perpendiculaire $\overline{Gr}$ au plan, on voit que les forces P, Q tendent à soulever le corps autour de l'arête m ou n, selon que la somme algébrique de leurs moments autour de l'une de ces lignes est plus grande ou plus petite que celle autour de l'autre.

Pour fixer les idées, supposons d'abord que la somme dont il s'agit, soit plus grande autour de l'arête en m que celle des moments autour de l'arête n. En posant :

$$\overline{mn} = ra,\ \overline{nA} = p,\ \overline{mq} = rb,\ \text{d'où}\ \overline{br} = b\,;$$

prolongeant la ligne d'action de P jusqu'au plan en o, et prenant $\overline{ro} = x$, on aura par suite de cette supposition :

$$P\cdot\sin\beta\cdot(a+x) + Q\cdot\sin\alpha.b - Q\cdot\cos\alpha\cdot a > P\cdot\sin\beta\cdot(a-x)$$
$$-Q\cdot\sin\alpha\cdot b - Q\cos\alpha.a\,;$$

inégalité qui est satisfaite identiquement pour toute valeur positive de β et de x, c'est-à-dire pour toutes les positions du point o comprises entre r et n; elle est satisfaite en outre pour des valeurs négatives de x comprises entre zéro et une limite encore inconnue; car en prenant $x=-x'$, on en déduit aisément :

$$x' < \frac{Q\cdot\sin\alpha}{P\cdot\sin\beta}\cdot b \quad \ldots\ldots\ldots \quad (b).$$

Or dans chacun de ces cas de x positif et de x négatif où l'inéquation posée d'abord est satisfaite, il est nécessaire d'exprimer que le seul mouvement de glissement du corps a lieu, et que les forces ne tendent pas à le tourner autour de l'arête m; ainsi il faut qu'on ait alors :

$$P\cdot\sin\beta\,(a+x)+Q\sin\alpha\cdot b-Q\cos\alpha\cdot a < \text{ou} = o. \ldots (I)$$

condition qui devient par la substitution de la valeur de P:Q déduite de l'équilibre de glissement :

$$(a+x)\cdot\sin\beta\cdot\frac{\sin\alpha+f\cos\alpha}{\cos\beta+f\sin\beta}+b\cdot\sin\alpha-a\cdot\cos\alpha<=o \ldots (b').$$

D'ailleurs la figure donne pour la quantité x subsidiaire : $a-x=\overline{on}$ $=p:\text{tang}\,\beta$, et $x=\dfrac{a\cdot\text{tang}\,\beta-p}{\text{tang}\,\beta}$.

Si l'on introduit cette valeur de x dans l'inégalité (b) et qu'on en élimine le rapport Q:P, on la remplace par celle-ci :

$$b+(a+fb+fa.\text{cotg}\,\alpha)\,\text{tang}\,\beta-p\,(1+f\,\text{cotg}\,\alpha)>o \ldots (b'')$$

et (b') devient de même :

$$(2a+fa.\text{cotg}\,\alpha+fb)\,\text{tang}\,\beta+b-a.\text{cotg}\,\alpha-p-f\cdot p\cdot\text{cotg}\,\alpha<o. \ldots (b''').$$

Ces deux inégalités démontrent bien que la quantité β est seulement arbitraire entre les deux valeurs limites qu'elles assignent à cet angle et à sa tangente. En effet, a, b, f, α, p étant des quantités données, l'inégalité (b'') nous fournit la limite inférieure de $\text{tang}\,\beta$, tandis que celle (b''') en donne la limite supérieure.

Si l'on suppose en second lieu que la somme des moments des forces à soulever le corps autour de n soit plus grande qu'autour de m, on devra écrire :

$$P\cdot\sin\beta.(a+x)+Q\sin\alpha\cdot b-Q\cos\alpha\cdot a<P\cdot\sin\beta(a-x)-Q\sin\alpha\cdot b$$
$$-Q.\cos\alpha\cdot a;$$

inégalité qui exige que x soit négatif et d'où l'on tire :

$$x+\frac{Q\cdot\sin\alpha}{P\cdot\sin\beta}\cdot b<o\ldots\ldots(b_1).$$

Mais dans cette nouvelle hypothèse il faut exprimer que la somme des moments des forces autour de n est moindre ou au plus égale à zéro : ce qui donnera :

$$P\cdot\sin\beta\cdot(a-x)-Q\cdot\sin\alpha\cdot b-Q\cdot\cos\alpha\cdot a<=o\ldots(b_1').$$

Substituant dans (b_1, b_1') les valeurs de x et de $Q:P$, on obtient à leur place :

$$(a+fa\operatorname{cotg}\alpha+f\cdot b)\operatorname{tang}\beta+b-p(1+f\operatorname{cotg}\alpha)<o..(b''_1)$$

$$f(b+a\operatorname{cotg}\alpha).\operatorname{tang}\beta+b+a\operatorname{cotg}\alpha-p-f\cdot p\cdot\operatorname{cotg}\alpha=>o\ldots(b_1''').$$

et ces deux dernières fixent encore une fois les limites extrêmes de β et $\operatorname{tang}\beta$.

Ainsi donc selon que les données de la question, β y étant compris, satisfont à l'inéquation (b'') ou à (b_1''), il faudra soumettre l'angle (β) à l'inégalité (b''') ou à celle (b_1'''), afin que le mouvement de glissement du corps sur le plan incliné ait seul lieu.

§ 5. *Suite. Équilibre d'un corps pesant qui ne s'appuie que par une arête ou par un seul point sur un plan incliné* (fig. 2 et 3). Soit (fig. 2) $\overline{AB}$ la ligne de plus grande pente du plan; D le point d'appui du corps DLI; P la puissance capable d'équilibrer le poids et le frottement; $D\hat{A}G=\alpha$, l'angle du plan avec l'horizon; $P\hat{E}M=\beta$ l'angle compris entre la ligne de P et la verticale.

En abaissant de D les perpendiculaires $\overline{DM}$, $\overline{DK}$ sur ces deux lignes, on a pour première condition :

$$P\cdot\overline{DK}=Q\cdot\overline{DM}.$$

Si l'on négligeait le frottement, il faudrait mettre en outre la condition que la résultante de P, Q soit normale au plan; car autrement elle se décomposerait en une pression normale détruite, et en une traction $\overline{DH}$ qui produirait le glissement. Mais dès qu'on tient compte du frottement, cette deuxième condition est remplacée par une autre moins absolue. Remarquons, d'abord que la forme du corps et sa position sur le plan incliné étant données, ainsi que le mode d'application des forces, on connaît en grandeur et en direction la droite $\overline{DE}$, et que l'on peut faire partant :

$$\overline{DE}=a,\ D\hat{E}M=\gamma,$$

α et γ désignant des quantités données. L'équation des moments autour du point D devient ainsi :

$$P \cdot \sin(\beta - \gamma) = Q \cdot \sin\gamma \ldots\ldots (I)$$

et devra servir pour calculer la quantité P. En nommant R la résultante des forces P, Q, on obtient en D une traction tangentielle $\overline{DH}$ appliquée au corps même et égale à R cos $G\hat{D}H$; or en prolongeant la normale, elle formera avec la verticale $\overline{EM}$ un angle α, de sorte que $F\hat{D}G = \alpha - \gamma$ et $G\hat{D}H = 90° - (\alpha - \gamma)$; ainsi $\overline{DH} = R \cdot \sin(\alpha - \gamma)$, et la force normale $\overline{DF} = R \cdot \cos(\alpha - \gamma)$. Si donc on désigne par f_1 le coëfficient du frottement relatif au cas d'un seul point ou d'une arête de contact, il faut que la force $\overline{DH}$ soit moindre ou au plus égale à la résistance du frottement; il faut donc avoir :

$$R \cdot \sin(\alpha - \gamma) < \text{ ou } = f_1 \cdot R \cdot \cos(\alpha - \gamma), \text{ d'où}$$
$$\text{tang}(\alpha - \gamma) < \text{ ou } = f_1 \ldots\ldots (II)$$

Tant que les données satisfont à cette dernière condition, on calculera P par l'équation (I), et le corps sera en équilibre. Il y a donc ici diverses positions d'équilibre dont la limite en faveur du poids Q est donnée par l'égalité :

$$\text{tang}(\alpha - \gamma_1) = f_1, \text{ partant : } \gamma_1 = \alpha - \text{arc}(\text{tang} = f_1).$$

Et dès qu'on placera le corps sur le plan dans une position qui réponde à un angle moindre que cette limite γ_1, la condition (II) cessera de subsister; et alors même que l'égalité (I) serait satisfaite dans ce cas, l'équilibre n'aura pas lieu; il y aura glissement sur le plan.

Ce qui précède, suppose $\alpha > \gamma$; on examinerait de même le cas de $\alpha < \gamma$; et dès lors on obtiendrait au lieu de (II) cette autre condition : tang $(\gamma - \alpha) =$ ou $< f_1$. D'après cela la discussion complète de la question s'achève aisément et nous l'abandonnons au lecteur.

§ 6. *De la poulie à axe fixe* (fig. 4). Dans cette machine simple particulièrement destinée à transformer la ligne d'action des forces, la puissance et la résistance ont des bras de levier égaux et sont tangentes à la circonférence d'une même roue. Soient (fig. 4) :

P et Q la puissance et la résistance connues de directions ;

V la verticale descendante; $P\hat{,}V = A$, $Q\hat{,}V = B$.

M le poids de la machine ; R le rayon de la roue ;

N la résultante des forces P, M, Q, et de la raideur considérée comme un surcroît de charge ;

r le rayon du vide ou de l'œil de la poulie ;

ρ le rayon de l'axe cylindrique fixe ;

m le point de contact du vide avec l'axe dans l'état permanent.

O et G les centres respectifs de l'essieu et de l'œil ;

α l'angle inconnu de N avec la droite $\overline{mOG}$;

$\overline{mp}, \overline{mq}, \overline{mr}$ les perpendiculaires abaissées de m sur les lignes de P, Q, M ;

$\overline{mln}$, $\overline{ml'n'}$ des parallèles aux lignes de P, Q ;

β l'angle de N avec la verticale ;

N' la résultante subsidiaire des forces P, Q, M ;

α', β' les angles de N' avec $\overline{mG}$ et avec la verticale V respectivement.

Il est manifeste que le mouvement permanent une fois établi se fait non pas autour du centre O, mais bien autour de G centre de l'œil ; et que par conséquent la force sollicitante P, capable d'entretenir cette uniformité doit équilibrer la résistance utile, la raideur de la corde tendue par Q, le frottement au point m sur l'axe et le poids M de la machine, non compris l'axe.

Donc il faut prendre les moments virtuels qui répondent à cette rotation effective, et ici pour plus de brièveté, les moments de rotation de toutes les forces autour du centre G ; ce qui donne une première condition

$$P \cdot R = Q \cdot R + f \cdot N \cdot \cos\alpha \cdot r + \frac{d^{\mu}}{2}(a + bQ) \ldots . \text{(I)}.$$

d désigne le diamètre de la corde, μ un nombre que l'expérience fait connaître d'après le degré d'user de la corde ; a, b sont des nombres constants pour une même corde. Il faut considérer aussi que la quantité N ne figure pour un instant qu'à titre d'abréviation. On verra ci-dessous le moyen de la faire disparaître, sans aucun embarras de quantités radicales.

Comme par hypothèse le mouvement utile est permanent et uniforme, il s'en suit que sans la raideur du cordage la résultante N' devrait passer par le point de contact ; mais par l'effet de cette raideur la ligne d'action de N' doit passer à la gauche de m ; et comme N' doit équilibrer la raideur autour de ce point, il s'en suit que

la résultante N doit au contraire passer par m, ce qui donne en effet un frottement $f \cdot N \cdot \cos\alpha$, comme on l'a admis dans l'équation (I). Mais la condition de N de passer par m doit être exprimée analytiquement, ce qui se fait en prenant les moments de toutes les forces autour de m; et cela donne la seconde équation :

$$P \cdot \overline{mp} = Q \cdot \overline{mq} + M \cdot \overline{mr} + \frac{1}{2} d^{\mu}(a + bQ). \quad \ldots \quad (II).$$

Car la raideur estimée autour de m est $\frac{d^{\mu}}{2\overline{mq}} \cdot (a + bQ)$, ce qui donne pour son moment relatif à m le dernier terme du second membre de (II). Mais on a par la figure $\overset{\wedge}{mGI} = \alpha - \beta$, ce qui donne pour l'angle de P avec $\overline{mG}$ la valeur : $\overset{\wedge}{(P, mG)} = A + (\alpha - \beta)$, et l'on trouvera de même :

$$\overset{\wedge}{(Q, mG)} = B - (\alpha - \beta)$$

on tire de là : $\overline{mp} = R - r \cdot \sin(A + \alpha - \beta)$, $\overline{mq} = R - r \cdot \sin(B - \alpha + \beta)$, $\overline{mr} = r \cdot \sin(\alpha - \beta)$;

de plus en nommant, pour abréger pendant un instant, Q' la résistance Q augmentée de la raideur autour de m, ou faisant

$$Q + \frac{d^{\mu}}{2R}(a + bQ) = Q'.$$

On remarquera que N étant la résultante de P, Q', M, et la projection orthogonale d'une résultante sur un axe, étant égale à la somme des projections des composantes, on doit avoir :

$$N \cos\alpha = P \cdot \cos(A + \alpha - \beta) + Q' \cos(B - \alpha + \beta) + M \cdot \cos(\alpha - \beta)$$

et par là les équations (I, II) prendront la forme suivante qui ne se trouve embarrassée d'aucune quantité radicale :

$$\left.\begin{aligned} P \cdot R = Q \cdot R + f \cdot P \cdot r \cdot \cos(A + \alpha - \beta) + f \cdot Q' \cdot r \cdot \cos(B - \alpha + \beta) \\ + f \cdot M \cdot r \cdot \cos(\alpha - \beta) + \frac{d^{\mu}}{2}(a + bq) \ldots (I, G) \\ P \cdot [R - r \cdot \sin(A + \alpha - \beta)] = Q[R - r \cdot \sin(B - \alpha + \beta)] \\ + M \cdot r \cdot \sin(\alpha - \beta) + \frac{d^{\mu}}{2}(a + bQ) \ldots (II, m). \end{aligned}\right\}$$

Celles-ci suffiront pour déterminer les deux inconnues P et

$\overline{\alpha-\beta}$; car les deux éléments α, β n'y entre que par leur différence $(\alpha-\beta)$ additive ou soustractive ; de plus la quantité Q′ ne renferme pas d'autre inconnue, puisque R est l'un des nombres donnés du problème.

Mais il sera utile de savoir calculer à la fois α, β comme inconnues distinctes; et dès lors les conditions obtenues ne suffisent pas. Or une considération mécanique fort simple nous amène immédiatement une nouvelle condition. En effet la projection de la résultante N sur un axe perpendiculaire à sa propre direction étant nulle, il faut qu'il en soit de même de la somme des projections des composantes Q′, P, M; c'est ce qui donne :

$$P\sin(A-\beta)-Q'\sin(B+\beta)-M\cdot\sin\beta=o. \quad \ldots \quad (III).$$

Cette condition, jointe aux deux autres, suffit pour déterminer les inconnues distinctes α, β, P ; et la question générale se trouve ainsi complètement résolue, à l'aide d'équations purement linéaires par rapport aux forces P, Q, M. Mais il reste à présenter diverses remarques utiles :

Remarque I. En prenant d'abord dans l'équation (III) $Q'=Q$, et P égale à sa valeur de l'équilibre rationnel, on en déduit une 1re valeur approchée de β. De plus une 1re valeur approchée de α est évidemment donnée par l'égalité : $\tang\alpha=f$, puisque l'équation (I) revient à $N\cdot\sin\alpha\cdot r=f\cdot N\cdot\cos\alpha\cdot r+\frac{d^\mu}{2}(a+bQ)$, qui donne $\tang\alpha=f$, quand on néglige la raideur. En substituant ces valeurs inexactes mais approchées dans l'équation (II) ou plutôt dans (II, *m*), on en déduira pour P une valeur plus approchée ; reportant cette valeur de P dans (III) on en tire une valeur plus exacte de β, et par suite de α, et ainsi de suite.

Remarque II. On pourrait examiner les cas particuliers de $A=o$, $B=o$; de A quelconque pour $B=o$, ou inversement. Arrêtons-nous un instant à celui où la puissance est verticale, tandis que la résistance aurait une direction horizontale, ce qui donne $A=o$, $B=90°$; en prenant pour abréger $\alpha-\beta=\lambda$ et $r:R=r'$, on déduit de (I, II) :

$$P(1-f\cdot r'\cos\lambda)=Q\left(1+\frac{bd^\mu}{2R}\right)+\frac{ad^\mu}{2R}+f\cdot Q'\cdot r'\cdot\sin\lambda$$
$$+f\cdot M\cdot r'\cdot\cos\lambda,$$

$$P(1-r'\sin\lambda) = Q(1+\frac{bd^{\mu}}{2R}-r'\cos\lambda)+\frac{ad^{\mu}}{2R}+Mr'.\sin\lambda$$

et de l'équation (III) l'on conclut ensuite, ce qui est ici évident :

$$\text{tang}\,\beta = -Q' : (P+M).$$

De plus on obtient pour la quantité $Q' = Q + \frac{d^{\mu}}{2R-2r\cos\lambda}(a+bQ)$ ou très-approximativement :

$$Q' = Q + \frac{a.d^{\mu}}{2R} + \frac{bd^{\mu}}{2R}.Q\text{, etc... etc.. etc....}$$

Remarque III. Supposons que dans les équations (I, II, III) on remplace Q' par sa valeur approchée Q ; qu'en suite on élimine $\frac{1}{2}d^{\mu}(a+bQ)$ des deux premières, et que dans le résultat obtenu on tienne compte de l'équation (III) où Q aura été substitué à Q' ; on trouvera ainsi $\text{tang}\,\alpha = f$; ainsi $\alpha = \text{arc}(\text{tang} = f)$ est en tout cas une valeur approchée de α. On calculera ensuite P et β par les deux premières équations citées.

Remarque IV. Faisons remarquer une fois pour toutes que l'on n'a pas besoin de transformations particulières pour rendre linéaire par rapport à P l'équation (I) ; et que le seul principe de projection des forces, tel qu'il est formulé dans notre cours de statique suffit pour cet objet ; car dans les équations de l'espèce de (I) la résultante N n'y entre que par sa composante normale $N\cos\alpha$ laquelle n'est autre qu'une projection orthogonale de N sur une droite telle que $\overline{mG}$. Or ayant à éliminer non pas N, mais $N\cdot\cos\alpha$, qui est linéaire par rapport aux forces P, Q..., on voit que l'embarras des quantités radicales ne se présente même pas.

§ 7. *De la poulie à axe mobile* (fig. 5 et 6). Soit une poulie à axe mobile, embrassée par une corde $\overline{TT'}$ fixée par l'extrémité T', et tirée par une puissance P à l'autre extrémité. La charge utile Q agit de haut en bas par le moyen d'une chape percée d'un vide circulaire que traverse un tourillon faisant corps avec la roue.

Pour fixer les idées, supposons que le poids Q soit obligé à se mouvoir sur la verticale ascendante $\overline{QG}$. Pendant le mouvement ou dans la tendance au mouvement le tourillon tournera donc avec la poulie, de sorte qu'il glisse sous le cercle du vide, pendant que celui-ci s'élève verticalement.

Ainsi c'est autour du centre du tourillon qu'il faut estimer les moments rotatoires et virtuels du frottement. Recherchons la force P, agissant suivant une direction constante donnée, capable d'équilibrer la charge, le frottement et la raideur de la corde. Si pendant un instant quelconque le centre G se déplace infiniment peu en G', et si dp, dq dénotent les chemins virtuels des points d'action de P, Q, tandis que $d\lambda$ exprime l'angle de rotation de la poulie, et T' la tension du cordon attaché au point fixe (T'), nous aurons d'abord, en abaissant $\overline{T'p}$ perpendiculaire sur la verticale $\overline{DG}$, et posant $\overline{Gp}=q$, d'où $GG'=-dq$: $P\,dp-Q\cdot\overline{GG'}-$

$$f\cdot Q\cdot\rho\cdot r'\lambda-\frac{I}{2}d^{\mu}\,(a+bT')\,d\lambda=o,$$

et $$P\,dp+Q\,dq-f\,Q\cdot\rho\cdot d\lambda-\frac{I}{2}\,d^{\mu}(a+bT')\,d\lambda=o.$$

Pour le cas de l'équilibre rationnel on laisserait de côté les deux derniers termes de l'équation.

Tirons la droite $\overline{T'G}$, et de T' abaissons sur la verticale du centre une perpendiculaire $T'p$. Si l'on fait pour abréger :

$$\overset{\wedge}{GT'}m=\alpha,\ \overset{\wedge}{T'm}G=\beta,\ \overset{\wedge}{T'G}p=\gamma,\ \overline{T'p}=h,\ \overline{T'G}=\delta,\ \overline{BG}=R;$$

les quantités α, β, γ, δq seront variables avec la position de la poulie, tandis que h, R sont constants. Le triangle rectangle T'GB donne :

$$R=\delta\cdot\sin\alpha=\delta\cdot\sin(\gamma-\beta)=\delta.\sin\gamma.\cos\beta-\delta\cdot\cos\gamma\cdot\sin\beta.$$

et comme on a : $\delta.\sin\gamma=h$, $\delta\cdot\cos\gamma=q$, on obtient par là :

$$R=h\cdot\cos\beta-q\cdot\sin\beta.\ \ldots\ (1).$$

Il vient ensuite : $T'B=\delta\cdot\cos\alpha=q\cos\beta+h\sin\beta.\ \ldots\ (2).$

La longueur du cordon T'BDE sera donnée par l'équation :

$$T'BDE=\delta.\cos\alpha+\frac{\pi}{2}\cdot R-\beta\cdot R+\frac{\pi}{2}R-\gamma'\cdot R,$$

γ' dénotant l'angle de la ligne de P avec la verticale. On conclut de là :

$$T'BDE=q\cos\beta+h\sin\beta+\pi\cdot R-(\beta+\gamma')\cdot R.\ \ldots\ (5).$$

Or comme le cordon ne saurait glisser sur la gorge de la poulie, la quantité infiniment petite qui s'en enroule du côté de T' doit être égale à celle qui se déroule du côté de la puissance, et cette quan-

tité sera précisément égale à l'arc de cercle $Rd\lambda$ dont la poulie tourne sur elle-même; ainsi l'on aura eu égard aux signes :

$$Rd\lambda = d.T'BDE = -\cos\beta.dq + (\beta\sin\beta - h\cos q + R)d\beta$$

car nous supposons γ' constant et donné; et comme le facteur de $d\beta$ est nul en vertu de l'équation... (I), il restera seulement le résultat fort simple :

$$R.d\lambda = -dq.\cos\beta. \ . \ . \ (k)$$

Or h étant constant, le point d'application E de P doit décrire le chemin partiel $\overline{EE'} = \overline{GG'} = -dq$, et l'espace relatif $\overline{E'F'} = Rd\lambda$; et la somme des projections de ces deux chemins ou celle du chemin résultant EF' sur la ligne de P est : $EE'.\cos\gamma' + E'F'$; on obtient ainsi :

$$dp = \overline{EE'}.\cos\gamma' + E'F' = -dq.\cos\gamma' + Rd\lambda = -dq(\cos\gamma' + \cos\beta)... \ (5)$$

Si l'on substitue maintenant ces valeurs de dp et de $d\lambda$ dans l'équation générale des moments virtuels effectifs, on a par la suppression du facteur commun dq :

$$P(\cos\gamma' + \cos\beta) = Q + f.Q.\rho.\cos\beta : R + \frac{I}{2}d^{\mu}.(a + bT')$$

$$\cos\beta : R \ . \ . \ . \ (A).$$

Mais la poulie étant censée donnée de position et de grandeur, et le point d'attache l'étant également, le cordon T' doit faire avec la verticale du centre G un angle connu β, quoique variable avec la position de la poulie; c'est ce qui résulte d'ailleurs de l'égalité (I) qui donne β en valeur de R, h, q : et comme la force P est évidemment supérieure à T', les lignes d'action de ces forces ne se couperont pas en un même point de la verticale du centre G. Ainsi jusqu'ici nous n'avons qu'une équation, tandis qu'il y a deux inconnues distinctes, savoir P et T'. Or pour entretenir le mouvement uniforme et utile de la machine, la force P doit être capable d'équilibrer T' autour du centre G, la raideur de la corde tendue avec l'effort T' et le frottement.

On doit donc avoir aussi :

$$P.R = T'.R + f.Q.\rho + \frac{I}{2}.d^{\mu}(a + bT') \ . \ . \ . \ (B).$$

On pourrait croire d'abord que cette équation soit inutile et superflue, en vertu de la condition... (A) : mais il n'en est pas ainsi; car il n'y a pas identité entr'elles, puisque l'une renferme même

des quantités qui ne se trouvent pas dans l'autre. Si l'on pose pour abréger :

$$a\cdot d^{\mu}:2R=\varepsilon,\ bd\ :2R=\eta,$$

l'équation (B) deviendra :

$$T'(1+\eta)=P-\varepsilon-f\cdot Q\cdot\rho:R$$

et par la substitution de la valeur de T', fournie par cette dernière, l'équation (A) donnera pour P :

$$P=[\varepsilon\cdot\cos\beta+Q(1+\eta+f\cdot\cos\beta\cdot\rho:R)]:[(1+\eta)\cos\gamma'+\cos\beta]\ldots(\alpha).$$

Pour le cas particulier de $\gamma'=o$, et de $\beta=o$ qui se présente le plus souvent dans les applications, cette valeur de P devient :

$$P=[\frac{ad^{\mu}}{2R}+Q(I+f\frac{\rho}{R}+\frac{bd^{\mu}}{2R})]:(2+\frac{bd^{\mu}}{2R})\ldots(\alpha_1).$$

Remarque I. On pourrait avoir aussi d'abord l'idée de prendre les moments des forces P,Q,T' autour du point d'attache T, afin de se procurer une seconde équation de condition ; mais cette manière de procéder, qui paraît conforme à la méthode ordinaire, est inadmissible, puisque la résultante des forces P et Q du cas actuel ne passe pas suivant la ligne BT', ce qui fait que l'égalité à zéro, de son moment ou de la somme algébrique des moments de P et Q par rapport au point d'attache reste sujette à contestation, et qu'elle est même inexacte. De plus cette méthode donnerait pour le cas particulier de $\beta=o$, $\gamma'=o$, la valeur $P=\frac{I}{2}Q$, ce qui est vrai pour l'équilibre rationnel, et ce qui pour cela même est manifestement absurde pour l'équilibre physique.

Remarque II. Si l'on demandait de trouver en *grandeur* et en *direction* à la fois la force capable de l'équilibre dynamique, on aurait trois inconnues distinctes P, T', γ', et seulement deux équations.. (A) et (B). Le problème serait donc indéterminé, c'est-à-dire qu'on pourrait trouver de différentes manières la direction et l'intensité de la force P capable de cet équilibre. Mais cette circonstance n'offre rien d'insolite, et se trouve à-peu-près évidente à l'avance. Seulement la force P devra dans chaque cas satisfaire aux conditions (A, B).

Remarque III. La formule (B) donne pour la valeur de T' en P :

$$T'=P:(1+\eta)-(\varepsilon+f\cdot Q\cdot\rho:R):(1+\eta).\ldots\ldots(\beta).$$

En substituant dans celle-ci la valeur de P' fournie par l'éq... (α), on obtient pour la valeur générale de T' :

$$T' = [Q - (\varepsilon + f \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{I}{R}) \cos\gamma'] : (\cos\beta + \overline{1 + \gamma} \cdot \cos\gamma') \ldots\ldots (\beta_1).$$

Dans le cas de $\beta = o$, $\gamma' = o$, cette valeur devient :

$$T' = [Q - (\varepsilon + fQ \cdot \rho \cdot \frac{I}{R}] : (2 + \gamma) \ldots (\beta_1').$$

En faisant dans ce cas particulier la somme de T' et de P qui est alors :

$$P = [Q(1 + \gamma) + \varepsilon + f \cdot Q \cdot \rho \cdot \frac{I}{R}] : (2 + \gamma)$$

on obtient : $P + T' = Q$.

Mais il ne nous paraît pas qu'il soit permis, ainsi qu'on le fait dans la théorie ordinaire, de considérer un tel résultat comme évident à l'avance ; car rien ne démontre *à priori* que pour le cas de l'équilibre effectif la force P doive précisément augmenter de la quantité même dont la tension T' diminue, et l'équation $P + T' = Q$ est par conséquent évidente seulement pour le cas de l'équilibre rationnel ; pour l'autre cas elle devait être démontrée et vérifiée.

Remarque IV. Dans la manière ordinaire on substitue à la tension T' une force active capable de la produire, et l'on raisonne ensuite comme sur un système parfaitement libre et en équilibre sous l'action des forces P, Q, T' : cela donnerait l'équation (B), et ces deux autres :

$$T' \sin\beta - P \sin\gamma' = o \ldots (D)$$
$$T' \cos\beta + P \cos\gamma' = Q \ldots\ldots (G).$$

Que si quelque lecteur découvrait le vice de ce raisonnement et qu'il nous objectât partant que ce vice ne prouve pas contre la théorie absolue elle-même, nous aurions à lui répondre que l'on a pourtant admis ces équat. (G, D) que nous déclarons inadmissibles dans leur ensemble.

En effet, si l'on substitue la valeur de T' déduite de (G) dans l'égalité (B), on retrouve pour P la valeur même qu'on a déjà obtenue par notre 1re solution. Il suit de là que l'équation (G), en combinaison de (B), est équivalente à l'équation (A), partant qu'elle est rigoureusement exacte. Le motif n'en est pas bien difficile à saisir, et nous l'expliquerons plus bas.

Mais si l'on substitue la valeur de T' en P, β, γ', fournie par l'équation (D), on obtient pour P une valeur différente de celle

du premier cas : cela prouve que l'équation (D) est erronée. D'ailleurs que signifient les valeurs de P, T′ fournies par les équations (D) :

$$P=Q\frac{\sin\beta}{\sin(\beta+\gamma')},\ T'=Q\cdot\frac{\sin\gamma'}{\sin(\beta+\gamma')}\ ?\ \ldots\ (K)$$

Elles expriment que l'une quelconque des trois forces, T′ par exemple est égale et contraire à la résultante des deux autres. Or l'inexactitude de cette supposition est déjà démontrée plus haut.

Remarque V. Dans notre solution fondée sur les équations (A,B) nous avons traité comme constante la quantité h, perpendiculaire abaissée du point d'attache sur la verticale du centre de la poulie ; cela suppose évidemment que ce centre soit astreint à glisser sur un axe matériel fixe et vertical, ce qui ne se peut que par l'introduction de la force passive d'un obstacle horizontal, et c'est cette force ou cet obstacle qui s'oppose à tout déplacement horizontal de la poulie. Il semble donc que l'on puisse tirer parti de là pour se sauver de toute contradiction ; car en désignant par φ la pression soufferte par l'obstacle, on doit manifestement remplacer l'équation inexacte (D) par cette autre :

$$T'\sin\beta-P\sin\gamma'=\varphi.\ \ldots\ (D')$$

Et dès lors les équations (B,C) sur lesquelles nous sommes déjà d'accord avec la théorie ordinaire, donneront, comme celles (A,B) la solution même déjà présentée plus haut ; de plus l'équation... (D′) servira à déterminer la pression exercée contre la paroi de la rainure sur laquelle on ferait glisser le centre C de la poulie ; cela compléterait même la solution établie, et permettrait au besoin de tenir compte du frottement dû à la pression dont il s'agit. Mais nous ferons remarquer de notre côté que si le centre de la poulie était parfaitement libre, la théorie ordinaire donnerait nécessairement les équations (B, C, D), et que pour elle l'égalité (D) comme les analogues deviendrait irréprochable. Or, dans cette nouvelle hypothèse où il faudrait traiter h comme variable, les relations qui nous ont fourni l'équation... (A), n'étant plus exactes, cette égalité elle-même ne le serait plus ; puisque donc il est prouvé que l'équation (C) est équivalente à (A), il en résulte que cette équation (C) elle-même est inexacte pour le cas où le centre de la poulie serait parfaitement libre. Ainsi dans aucun cas on ne peut faire subsister les équations (C,D) à la fois : je dis de plus que cette hypothèse de la théorie qui consiste à substituer des forces actives égales et

contraires aux forces passives et aux pressions normales des obstacles, et à considérer ensuite le système comme parfaitement libre, pour y appliquer les six conditions d'équilibre connues, est inexacte; car si cela était vrai d'une manière absolue, il faudrait pour h constant, que sous l'action des forces actives P, T', Q, ψ, $(\psi = -\varphi)$ le système en équilibre pût être considéré comme parfaitement libre; ainsi les équations (B,C) devraient toujours avoir lieu dans l'hypothèse que le frottement dû à φ soit nul; de plus, la somme des projections horizontales des forces qui restent en jeu, serait nulle; et il en serait de même des moments des forces autour de l'ancien point d'attache. On aurait donc en outre :

$$\left.\begin{aligned} &P\sin\gamma' - T'\sin\beta = \psi \\ &P(R + h\cos\gamma' + q\sin\gamma') = Qh + \psi\cdot q. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \text{(I)}$$

En éliminant ψ de celles-ci, on en déduit :

$$P(R + h\cos\gamma' + q\sin\gamma') = Qh + q(P\sin\gamma' - T'\sin\beta) \quad \ldots \text{(II)}$$

Nous avons donc pour déterminer P, T', ψ, quatre équations (B,C) et les équations (I), partant une équation de condition de trop. Il faut, par conséquent, qu'en substituant dans (II) les valeurs exactes de P, T' qui résultent de celles (B,C), le résultat qu'on trouve devienne identique et subsiste pour une valeur quelconque de la donnée arbitraire Q; or les équations (α, β_1) qui résultent de (B,C) donnent :

$$P = [\varepsilon\cos\beta + Q(1 + \eta + f\cdot\rho\cdot\frac{\cos\beta}{R})] : [(1+\eta)\cos\gamma' + \cos\beta],$$

$$T' = [Q(1 - f\cdot\rho\cdot\frac{\cos\gamma'}{R}) - \varepsilon\cos\gamma'] : [(1+\eta)\cos\gamma' + \cos\beta].$$

Mais l'équation (II) se simplifie et devient :

$$P(R + h\cos\gamma') + q\sin\beta\cdot T' - Q\cdot h = 0 \quad \ldots \text{(II)}$$

et en y portant les valeurs de P, T' on la ramène à celle-ci :

$$\begin{aligned} &(\varepsilon\cos\beta + Q(1 + \eta + f\cdot\rho\cdot\cos\beta\frac{1}{R}))](R + h\cos\gamma') \\ &- Q\cdot h[(1+\eta)\cos\gamma' + \cos\beta] + q\sin\beta\cdot Q(1 - f\rho\frac{\cos\gamma'}{R}) \\ &- \varepsilon\cdot q\cdot\sin\beta\cdot\cos\gamma' = 0. \end{aligned}$$

Cette dernière donnant d'abord pour la quantité Q qui peut être prise à volonté, une valeur fixe et unique même, est évidemment

absurde; en outre, Q étant arbitraire, elle devrait encore être vraie pour $Q=0$, ce qui donnerait :

$$Q=(R\cos\beta+h\cos\beta\cos\gamma'):\sin\beta\cos\gamma',$$

et ce résultat est encore absurde, puisqu'il fait dépendre q de la donnée arbitraire γ', tandis que q dépend simplement de R, h, β d'après la condition purement géométrique $R+q\sin\beta=h\cos\beta$, trouvée précédemment. Puisqu'il en est ainsi, et que l'exactitude des valeurs de P,T', déduites des équations (A,B) ou de celles (C,B) est incontestable, il faut de toute nécessité que l'égalité (II) partant la dernière équation (I) soit inexacte, et qu'il en soit de même par conséquent de cette hypothèse générale de la théorie ordinaire, énoncée plus haut; car si elle était exacte d'une manière absolue et pour tous les cas, on serait en droit de poser la seconde équation (I) aussi bien que la première; or c'est précisément cette combinaison d'équations (I) avec des conditions exactes qui amène l'absurdité que nous venons de signaler.

Mais dans notre manière de voir on n'est pas seulement en état de prouver la fausseté de la manière ordinaire d'appliquer la théorie; on peut même se rendre compte de cette circonstance singulière qui fait qu'on y parvient à des conditions exactes, telles que (B,C). En effet, la 1re (B) n'exprime que sous la forme des moments de rotation l'équation des moments virtuels effectifs qui correspondent au mouvement de rotation relatif de la poulie sur son centre, pendant que celui-ci se déplace infiniment peu sur la verticale ascendante. Ainsi donc la théorie ordinaire ne tombe juste que parce qu'au hasard elle fait coïncider l'un de ses déplacements arbitraires avec un déplacement effectif et relatif du système. De même l'équation (C) est encore exacte, parce qu'elle correspond au déplacement de translation effectif de la machine, contemporain à sa rotation; c'est là ce qui explique suffisamment pourquoi le système d'équation (B,C) est équivalent à la combinaison (A,B), car l'équation (A) est l'expression générale du principe des vitesses virtuelles, appliqué au déplacement effectif et total de la machine; mais la seconde équation (I) est erronée, parce qu'elle répond à un déplacement de rotation, que le système ne peut pas prendre.

Remarque VI. La valeur générale du rapport i étant $Qdq:Pdp$, on obtient en substituant la valeur de dp fournie par l'équation (5) :

$$i=Q:P(\cos\gamma'+\cos\beta),$$

et en portant dans cette dernière la valeur du rapport d'équilibre fournie par (α), on aura :

$$(L) \qquad i=(1+\eta\cdot\frac{\cos\gamma'}{\cos\gamma'+\cos\beta}):(1+\eta+f\cdot\rho\cdot\cos\beta\frac{1}{R}+\frac{\varepsilon\cdot\cos\beta}{Q}),$$

et pour $\beta=0$, $\gamma'=0$, il vient :

$$i=(1+\tfrac{1}{2}\eta):(1+\eta f\rho\frac{I}{R}+\frac{\varepsilon}{Q}).$$

Cette valeur de I est évidemment moindre que l'unité, sauf le cas de l'équilibre rationnel qui reproduit $i=1$, comme cela doit être.

Remarque VII. *Déterminer le chemin de rotation en fonction du chemin de translation du centre.* En nommant l la longueur totale du cordon, on a $\overline{EP}=l-T'BDE$, ou par (5) :

$$\overline{EP}=l-q\cos\beta-h\sin\beta-\pi R+R(\beta+\gamma'),d\cdot\overline{EP} \text{ ou } Rd\lambda=-\cos\beta\cdot dq;$$

mais l'équation (I) donne $\cos\beta=\dfrac{Rh\pm q\sqrt{q^2+h^2-R^2}}{q^2+h^2}$, et il faut prendre seulement le (+) devant le radical, parce que pour $R=h$ il faut avoir $\cos\beta=1$; de là résulte :

$$Rd\lambda=-\frac{Rhdq}{q^2+h^2}-\frac{q\cdot dq\cdot\sqrt{q^2+h^2-R^2}}{q^2+h^2},$$

$$R\lambda=\text{Const.}-R\cdot\text{arc}(\text{tang}=\frac{q}{h})-\sqrt{q^2+h^2-R^2}+$$

$$R\cdot\text{arc}(\text{tang}=\frac{\sqrt{q^2+h^2-R^2}}{R}),$$

ou en prenant à la fois $\lambda>$ ou <0, $q>$ ou $<q_1$:

$$R\lambda=R\cdot\text{arc}(\text{tang}=\frac{q_1}{h})-R\,\text{arc}(\text{tang}=\frac{q}{h})+$$

$$\sqrt{q_1^2+h^2-R^2}-\sqrt{q^2+h^2-R^2}+R.\text{arc}(\text{tang}=$$

$$\frac{\sqrt{q^2+h^2-R^2}}{R})-R.\text{arc}(\text{tang}=\frac{\sqrt{q_1^2+h^2-R^2}}{R}).$$

Et pour le cas particulier de $h=R$, on retrouve le résultat déjà connu $R\lambda=\overline{q_1-q}$; quant à l'espace total p décrit par le point d'action de P dans le sens $\overline{EP}$, on trouvera par l'équation (5) $p=(q_1-q)\cos\gamma'+R\cdot\lambda$.

Il est utile de considérer que la question de la poulie à axe

mobile pourrait être résolue dans l'hypothèse plus générale où le centre serait assujetti à rester sur une courbe ou à décrire du moins une courbe définie, résultant de la loi de transport définie de la ligne d'action de la puissance P; mais dans chaque cas défini il faut recourir au principe des moments effectifs, et laisser de côté les moments arbitraires pour ne pas tomber sur des équations de condition superflues qui peuvent devenir inexactes.

§ 8. *Du Treuil.* Soit (fig. 7) BODC la projection d'un treuil et de ses deux tourillons (O,O) sur un plan perpendiculaire à son axe horizontal. Nommons :

P la puissance, Q la résistance qui est censée donnée de grandeur et de direction,

$\overline{R} = \overline{OB}$ le rayon de la roue, $R' = \overline{OD}$ le rayon de l'arbre,

$\rho = \overline{Om}$ le rayon des tourillons,

$r = \overline{CD}$ celui du coussinet, V la direction verticale,

A l'angle de P et B celui de Q avec V; $\overset{\Lambda}{P,V} = A$, $\overset{\Lambda}{Q,V} = B$, B étant placé ici à gauche de V,

M le poids même de la machine,

N la résultante des forces P,Q,M et de la raideur considérée comme un surcroît de charge,

m le point de contact des tourillons avec les coussinets pendant le mouvement permanent,

α l'angle de N avec $\overline{mOG}$; $(\overset{\Lambda}{N,mO}) = \alpha$,

β l'angle de N avec la verticale $(\overset{\Lambda}{N,V}) = \beta$,

$\overline{mp}$, $\overline{mq}$, $\overline{mr}$ les bras de levier des forces P,Q,M autour de m.

En prenant les moments, comme on doit le faire, autour du centre (O) et ensuite autour du point m, et évaluant $\overline{mp}$, $\overline{mq}$, $\overline{mr}$ comme au § 6, on obtiendra :

$$\left.\begin{aligned} &P\cdot R = Q\cdot R' + f\cdot\rho\cdot N\cdot\cos\alpha + \tfrac{1}{2}\cdot d^{\mu}(a+bQ) \quad \ldots\ldots \quad (I)\\ &P[R+\rho\cdot\sin(A-\alpha-\beta)] = Q[R'+\rho\cdot\sin(\alpha+\beta-B)] + \\ &\qquad M\cdot\rho\cdot\sin(\alpha+\beta) + \tfrac{1}{2}d^{\mu}(a+bQ) \quad \ldots \quad (II)\end{aligned}\right\}$$

De plus en prenant encore une fois :

$$Q' = Q + \frac{d^{\mu}}{2\cdot R}(a+bQ)$$

on obtient par le principe de projection appliqué à la direction $\overline{mOG}$:

$$N\cdot\cos\alpha = P\cos(A-\alpha-\beta)+Q'\cos(\alpha+\beta'-B)+M\cos(\alpha+\beta).$$

De cette manière l'équation (I) se transforme immédiatement en cette autre :

$$P[R-f\cdot\rho\cdot\cos(A-\alpha-\beta)]=Q\cdot R'+Q'f.\rho.\cos(\alpha+\beta-B)+ f.M\rho.\cos(\alpha+\beta)+\tfrac{1}{2}d^{\mu}(a+bQ) \quad \ldots \quad (I)$$

En considérant α,β comme deux inconnues distinctes, il faut une troisième condition qui résulte de ce que la somme des projections des forces P,Q',M sur une direction normale à celle de N doit être nulle et laquelle est par conséquent :

$$P.\sin(A-\beta)-Q'.\sin(\beta-B)-M.\sin\beta=0 \quad \ldots \quad (III)$$

Les trois équations (I, II, III) sont nécessaires et suffisantes pour déterminer les inconnues α,β,P, et la détermination de P est affranchie de tout embarras de quantités radicales.

Remarque I. Après avoir obtenu α,β,P on aura le point de contact m sur le coussinet en prenant à partir de son point le plus bas H un arc $Hm=r(\alpha+\beta)$, et en m la direction de la résultante, en tirant le rayon $\overline{mOG}$ et une droite faisant un angle α avec $\overline{mO}$.

Remarque II. Pour obtenir les valeurs approchées des inconnues on pourra procéder de cette manière : substituer Q à Q' dans (I) et (III) combiner ensuite les équations (I, II), pour en éliminer $\frac{1}{2}d^{\mu}(a+bQ)$; en tenant compte de l'équation (III) modifiée, on obtient $\operatorname{tang}\alpha-f=0$, ce qui montre que α est encore à très-près peu égal à l'angle du frottement.

On calculera ensuite β par l'équation (III) dans laquelle on remplace P,Q' par leurs valeurs de l'équilibre rationnel. Substituant ces premières valeurs de α,β dans (I, II) on calculera P et $(\alpha+\beta)$; substituant ce P dans (III), et y prenant maintenant $Q'=Q+\frac{d^{\mu}}{2R}(a+bQ)$, on en déduit une nouvelle valeur de β plus approchée que la première, d'où l'on tire ensuite une seconde valeur de α, puisque l'on a calculé aussi $\alpha+\beta$; ces valeurs de α,β permettent de pousser l'approximation aussi loin qu'on voudra.

Remarque III. D'après la figure à laquelle correspondent nos formules l'angle aigu de Q avec la verticale descendante V se trouve à gauche de cette ligne ; que s'il était à droite, l'angle $\alpha+\beta-B$ deviendrait $\alpha+\beta+B$, ce dont on peut se convaincre

par la figure même, en altérant la direction de Q convenablement : une remarque analogue a lieu pour l'angle α. La figure suppose encore que l'angle aigu β soit situé à gauche de la verticale. Mais β étant un angle inconnu, il ne faudra pas le changer en $-\beta$, pour le cas contraire, qui pourrait avoir lieu, parce que le calcul final qui doit faire connaître cet angle, devra annoncer par le signe même de β, si cet angle est positif ou négatif, c'est-à-dire si la résultante N passe à gauche ou à droite de la verticale descendante.

Remarque IV. Examinons ce que deviennent les formules pour le cas particulier où le treuil redevient une poulie de renvoi, munie d'un axe en fer ou en bois, et assujettie à tourner sur un coussinet cylindrique creux. C'est le cas de la poulie employée par M. Morin, dans ses expériences sur le frottement. Si l'on y met encore la restriction que la résistance Q soit une force horizontale, s'exerçant tangentiellement à la poulie, de gauche à droite, tandis que la puissance est une charge attachée à l'extrémité inférieure d'une corde méplate qui passe sur la poulie pour saisir ensuite la résistance, on obtiendra :

$$R' = R,\ A = 0°,\ B = -90°;\ a = 0;$$

en prenant en outre $\alpha + \beta = w$, $\frac{\rho}{R} = r'$, on déduira des formules

$$\left.\begin{aligned} &P(1 - f r' \cos w) = Q - f Q' r' \sin w + \frac{b d^{\mu}}{2R} Q + f M r' \cos w \ \ldots \ (I) \\ &P(1 - r' \sin w) = Q(1 + r' \cos w) + \frac{b d^{\mu}}{2R} Q + M r' \sin w. \ \ldots \ (II) \\ &- P \sin \beta - Q' \cos B - M \sin \beta = 0. \ \ldots \ (III) \end{aligned}\right\}$$

En outre, on aura pour Q' d'une manière très-rapprochée :

$$Q' = Q + \frac{b d^{\mu}}{2.mq} Q = Q + \frac{b d^{\mu}}{2R + 2\rho \cos w} Q = Q\left(1 + \frac{b d^{\mu}}{2R}\right).$$

Les nouvelles équations donnent très-approximativement pour $\frac{b d^{\mu}}{2R} = \eta$:

$$\left.\begin{aligned} &P(1 - f r' \cos w) = Q(1 - f r' \sin w + \eta) + f M r' \cos w \ \ldots \ (I) \\ &P(1 - r' \sin w) = Q(1 + r' \cos w + \eta) + M r' \sin w \ \ldots \ (II) \\ &\text{tang } \beta = -Q(1 + \eta) : (P + M). \ \ldots \ (III) \end{aligned}\right\}$$

On voit par la dernière, qui est d'ailleurs évidente ici, que

l'angle β est négatif, et que la résultante N fait avec la verticale et à sa droite un angle très-proche de 45°. De plus, dans le cas actuel c'est la force P qui est donnée, tandis que la charge Q doit être calculée; or, en prenant Q égale à sa valeur de l'équilibre rationnel, on obtient par la dernière une 1re valeur de β; et comme on a aussi α par tang $\alpha = f$, on aura $w = \alpha + \beta$ par une 1re approximation; de là on conclut la valeur de Q par chaque formule (II); le plus ou moins d'écart entre ces deux valeurs de Q fera voir si l'approximation est suffisante. D'ailleurs, en éliminant Q des égalités (I, II) on en déduit pour w en négligeant les termes en $fr'\eta, fr'^2$:

$$\text{tang } w = -\frac{1 - f(1+\eta)(1+\frac{M}{P})}{f + (1+\eta)(1+\frac{M}{P})}. \quad \ldots \quad (F)$$

Ayant obtenu w on calculera β par l'équation $\beta = w - \alpha = w -$ arc (tang = f) ou par la combinaison de l'une des égalités (II) avec (III), ce qui sera sans doute plus exact, et l'on évaluera ensuite Q par (II) ou (I). On pourra n'employer aussi qu'une seule formule résultante; en effet, en multipliant l'égalité (I) par sin w et l'égalité (II) par f cos w, et qu'ensuite on retranche membre à membre, on obtient par réduction :

$$Q = P(\sin w - f\cos w) : [(1+\eta)(\sin w - f\cos w) - fr'].$$

Remarque V. Nous laissons au lecteur le soin d'examiner le cas particulier de $A = 0$, $B = 0$ à la fois, et de rechercher les valeurs de α, β, P.

Remarque VI. Si dans le cas de l'avant-dernière remarque la poulie au lieu d'être munie d'un essieu en bois ou métal, solidaire avec elle, était percée d'un œil, et partant assujettie à tourner sur un axe fixe, il faudrait employer les formules du § 6 pour la détermination des inconnues.

Remarque VII. L'équation qui mène à la formule (F) est pour tang $w = t$:

$$(P+M)(1+\eta)(f-t) - P - fPt = -fr'(P+M)\sqrt{1+t^2}).$$

Si l'on néglige d'abord le second membre de celle-ci, on trouve la valeur de tang w de la formule (F). Mais on voit aussi par là que si l'on se borne à $t = -1$, et que l'on substitue cette valeur de t dans le très-petit terme $fr'(P+M)\sqrt{1+t^2}$, on aura pour t

une valeur plus exacte que celle de (F) par cette égalité nouvelle :

$$(P+M)(1+\gamma)(f-t)-P-fPt=-fr'(P+M)\sqrt{1+t^2}$$

laquelle donnera :

$$t \text{ ou tang } w=-\frac{I-f\left(I+\frac{M}{P}\right)\left(I+\gamma+r'\sqrt{2}\right)}{\left(I+\frac{M}{P}\right)(I+\gamma)+f} \quad \ldots \text{(G.}$$

§ 9. *Des poulies mouflées.* Considérons (fig. 8) deux systèmes de poulies égales, montées sur deux axes séparés qui sont soutenus par des chapes dont l'une est attachée à un point fixe supérieur, tandis que l'autre supporte une charge ou une résistance quelconque : on supposera parallèles les différents cordons, et l'on négligera leur poids aussi bien que celui des poulies. D'ailleurs, le poids des poulies inférieures peut être considéré comme compris dans la charge utile, tandis que celui du système supérieur est supporté par le point de suspension.

Soient $t_1, t_2, t_3, \ldots t_{n+1}$ les tensions des cordons consécutifs (fig. 8) à partir du 1^er^ à gauche, pendant le mouvement uniforme ascendant, entretenu par la puissance active, capable de la tension t_{n+1}, et laquelle est par conséquent équivalente à cette tension. En nommant R le rayon commun des poulies, r celui de leur œil ou de l'essieu, on a la tension t_2 par l'équation des moments :

$$t_2R=t_1R+\tfrac{1}{2}d^\mu(a+bt_1)+fr(t_1+t_2)$$

En prenant $\frac{ad^\mu}{2R}:\left(1-\frac{fr}{R}\right)=\alpha, \left(1+f\frac{r}{R}+\frac{bd^\mu}{2R}\right):\left(1-f\frac{r}{R}\right)=\beta$

on en déduit :

$$\left.\begin{aligned} t_2=\alpha+\beta t_1,\ t_3=\alpha+\beta t_2,\ t_4=\alpha+\beta t_3 \\ t_n=\alpha+\beta t_{n-1},\ t_{n+1}=\alpha+\beta t_n. \ldots \end{aligned}\right\} \ldots \text{(I).}$$

On voit que si l'on connaissait la tension t_1, on aurait la valeur de la force équilibrante, en calculant les tensions de proche-en-proche jusqu'à t_{n+1} inclusivement.

Il manque donc encore une équation de condition. Pour se la procurer, on admet habituellement ce qui n'est toutefois pas évident, que la somme des tensions depuis t_1 jusqu'à t_n inclusivement soit égale à la charge Q à soulever, ce qui donne :

$$t_1+t_2+t_3+\ldots+t_n=Q$$

et par l'élimination on déduit de là :

$$t_1 = Q(\beta-1):(\beta^n-1) - \alpha(\beta^n - n\beta + n - 1)(\beta-1):(\beta^n-1)$$

$$t_{n+1} = [n\alpha\beta^n + (\beta-1)\beta^n Q] : (\beta^n-1) - \alpha(\beta^n-1):(\beta-1).$$

Mais ces résultats doivent être vérifiés par le principe des moments effectifs qui oblige d'ailleurs de mieux entrer dans la partie géométrique de la question. Or en nommant dq la quantité dont la charge s'élève en un instant, on aura $n \cdot dq$ pour le chemin fait par le point d'action de la puissance.

La 1re poulie à gauche de la mouffle inférieure tournera d'un arc $R.d\lambda = dq$; la 1re poulie supérieure décrira donc l'arc $2Rd\lambda$; cette longueur de cordon doit donc s'enrouler sur la 2me poulie inférieure dans le sens descendant, partant se dérouler dans le sens ascendant, puisqu'aucun cordon ne cesse d'être tendu ; et comme le centre de cette poulie s'élève en même temps de la quantité $R \cdot d\lambda$, la poulie devra tourner d'un arc total $2Rd\lambda + Rd\lambda = 3Rd\lambda$; et le cordon N° 4 décrira un chemin $2Rd\lambda + 2Rd\lambda$ ou $4Rd\lambda$; ainsi la 2me poulie supérieure tourne sur son axe d'un angle ou plutôt d'un arc $4Rd\lambda$; donc la 3me poulie inférieure tourne d'un arc $5Rd\lambda$; chaque point du cordon N° t_6 décrit un chemin ascendant $6Rd\lambda$, ce qui fait que la 3me poulie supérieure tourne d'un arc $6Rd\zeta$; c'est par conséquent aussi le chemin décrit par le point d'application de la tension t_7. S'il y a n poulies, la poulie inférieure de N° $(n-1)$ fait un arc $(n-1)R \cdot d\lambda$; donc chaque point du cordon N° t_n décrira un chemin $nRd\lambda$, et la poulie supérieure N° n ou la dernière fera autour de l'essieu fixe commun à toutes les poulies supérieures un chemin $nRd\lambda$ ou ndq ; ainsi ndq est bien l'espace décrit par un point quelconque du cordon t_{n+1}, dans le sens même de cette force ou tension ; et c'est là ce qu'il fallait d'abord vérifier. Le principe des vitesses virtuelles effectives devient donc dans le cas actuel :

$$nt_{n+1}dq = Qdq + fr(t_1+t_2)d\lambda + fr(t_2+t_3)2d\lambda + fr(t_3+t_4)3d\lambda + \text{ etc. . . .}$$

$$+ fr(t_{n-1}+t_n)\overline{n-1}\,d\lambda + fr(t_n+t_{n+1})\overline{n+1}\cdot d\lambda$$

$$+\tfrac{1}{2}d^\mu(a+bt_1)d\lambda + \tfrac{1}{2}d^\mu(a+bt_2)2d\lambda + \tfrac{1}{2}d^\mu(a+bt_3)3d\lambda + \ldots$$

$$+\tfrac{1}{2}d^\mu(a+bt_{n-1})\overline{n-1}\,d\lambda + \tfrac{1}{2}d^\mu(a+bt_n)nd\lambda.$$

Si l'on substitue la valeur de $d\lambda$ en dq, et que l'on fasse pour abréger $f \cdot \frac{r}{R} = \varepsilon$, on trouve d'abord :

$$n(1-\varepsilon)\,t_{n+1}=Q+\varepsilon(t_1+3t_2+5t_3+7t_4+\ldots+2\overline{n-1}\,t_n)+\frac{n(n+1)}{1\cdot2}\,\frac{ad^\mu}{2R}$$

$$\frac{bd^\mu}{2R}(t_1+2t_2+3t_3+\ldots+nt_n)$$

En remarquant ensuite que le facteur de ε peut se décomposer ainsi en deux parties, l'une : $t_1+2t_2+3t_3+\ldots+nt_n$, et l'autre : $t_2+2t_3+3t_4+\ldots+\overline{n-1}\cdot t_n$, on peut écrire le résultat obtenu sous la forme :

$$n(1-\varepsilon)t_{n+1}=Q+\frac{n(n+1)}{1\cdot2}\,\frac{ad^\mu}{2R}+\varepsilon(t_2+2t_3+\ldots+\overline{n-1}t^n)+(\varepsilon+\frac{bd^\mu}{2R})(t_1+2t_2+3t_3+\ldots+nt_n).$$

Mais le dernier facteur du dernier terme équivaut à :

$$(t_1+t_2+\ldots+t_n)+(t_2+2t_3+3t_4+\ldots+\overline{n-1}\,t_n)$$

et l'équation précédente devient :

$$(\mathrm{II})\ldots\ n(1-\varepsilon)\,t_{n+1}=Q+\frac{n(n+1)}{1\cdot2}\,\frac{ad^\mu}{2R}+(2\varepsilon+\frac{bd^\mu}{2R})$$

$$(t_2+2t_3+\ldots+\overline{n-1}t^n)+(\varepsilon+\frac{bd^\mu}{2R})(t_1+\ldots+t_n)$$

or en vertu des formules (I) qui permettent de calculer t_2, t_3,...t_n en valeur de t_1, on trouve aisément :

$$(\alpha)\ldots\ t_2+2t_3+\ldots+\overline{n-1}\,t_n=(\beta+2\beta^2+\ldots+\overline{n-1}\,\beta^n)t_1+\frac{\alpha}{\beta-1}$$

$$(\beta+2\beta^2+3\beta^3+\ldots+\overline{n-1}\beta^n)-\frac{n(n-1)\alpha}{1\cdot2\cdot(\beta-1)}:$$

mais on obtient par les progressions :

$$\beta+2\beta^2+3\beta^3+\ldots+\overline{n-1}\beta^n=\frac{(n-1)\,\beta^n}{\beta-1}-\frac{\beta^n-\beta}{(\beta-1)^2};\ \text{d'où :}$$

$$t_2+2t_3+\ldots+\overline{n-1}t_n=(\frac{\overline{n-1}\,\beta^n}{\beta-1}-\frac{\beta^n-\beta}{(\beta-1)^2})\,t_1+\frac{\alpha\overline{n-1}\,\beta^n}{(\beta-1)^2}-\frac{\alpha(\beta^n-\beta)}{(\beta-1)^3}-\frac{\alpha n\overline{n-1}}{1\cdot2\cdot(\beta-1)}\ldots(\beta).$$

De plus la somme des tensions depuis t_1 jusqu'à t_n que l'on désignera par $\Sigma_1^n t$ aura la valeur suivante :

$$\Sigma_1^n t = (1+\beta+\beta'+\ldots+\beta^n)t_1 + \frac{\alpha}{\beta-1}(\beta+\beta'+\ldots+\beta^{n-1}-n+1)$$

$$= \frac{\beta^n-1}{\beta-1}t_1 + \frac{\alpha}{\beta-1}\left(\frac{\beta^n-\beta}{\beta-1}-n+1\right) \ldots (\gamma)$$

Cela donne t_{n+1} en t_1 par l'équation suivante :

$$n(1-\varepsilon)t_{n+1} = Q + \frac{n\overline{n+1}}{1\cdot 2}\cdot\frac{ad^\mu}{2R} + (\varepsilon+\frac{bd^\mu}{2R})(\frac{\alpha}{\beta-1}\cdot\frac{\beta^n-\beta}{\beta-1} -$$

$$\frac{\alpha\overline{n-1}}{\beta-1}) + (2\varepsilon+\frac{bd^\mu}{2R})(\frac{\overline{n-1}\,\alpha\beta^n}{(\beta-1)^2} - \frac{\alpha\overline{\beta^n-\beta}}{(\beta-1)^3} - \frac{\overline{n-1}\,n\alpha}{1\cdot 2\cdot(\beta-1)})$$

$$+[(\varepsilon+\frac{bd^\mu}{2R})\frac{\beta^n-1}{\beta-1} + (2\varepsilon+\frac{bd^\mu}{2R})(\frac{\overline{n-1}\,\beta^n}{\beta-1} - \frac{\beta^n-\beta}{(\beta-1)^2})]\cdot t_1 .$$

Désignons pour abréger, par A la somme des termes du second membre, indépendants de Q et de t_1 ; et par B le coëfficient total qui y multiplie t_1. On peut dans chaque cas, commencer par calculer les quantités A et B qui dépendent du nombre des poulies, de leur commun rayon R, de l'intensité du frottement, et de la raideur des cordes ; et l'on aura, ce calcul fait :

$$n(1-\varepsilon)t_{n+1} = A + Q + Bt_1 .$$

Et comme l'équation des moments de rotation donne aussi :

$$t_{n+1} = \alpha\frac{\beta^n-1}{\beta-1} + \beta^n t_1 ;$$

on déduira de là, en éliminant t_1 pour la détermination de t_{n+1} :

$$t_{n+1}(n-n\varepsilon-\frac{B}{\beta^n}) = A + Q - \frac{\alpha B}{\beta^n}\frac{\beta^n-1}{\beta-1} . \ldots (\delta)$$

et pour t_1, on obtient l'équation :

$$t_1(n(1-\varepsilon)\beta^n - B) = A + Q - n\alpha(1-\varepsilon)\frac{\beta^n-1}{\beta-1} . \ldots (\varepsilon)$$

On pourra annoter aussi à part les valeurs des quantités abréviatives A et B. Ainsi la question est résolue ; mais il reste à vérifier si la somme des tensions, fournie par l'équation.. (γ) est en effet égale à la charge Q. Car nous ne saurions jamais reconnaître ce résultat comme évident, sauf le cas de l'équilibre rationnel. Voici donc en résumé la marche à suivre pour cette vérification.

En prenant un instant, pour abréger, $\frac{\beta^n-1}{\beta-1}=\beta'$, la somme des tensions $\Sigma_1{}^n t$ devient :

$$\beta' t_1+\frac{\alpha(\beta^n-\beta)}{(\beta-1)^2}-\frac{(n-1)\alpha}{\beta-1},$$

et en vertu de la valeur de t_1 on obtient :

$$\Sigma_1{}^n t=\beta'\frac{A+Q-n\alpha\beta'(1-\varepsilon)}{n(1-\varepsilon)\beta^n-B}+\frac{\alpha(\beta^n-\beta)}{(\beta-1)^2}-\frac{\alpha(n-1)}{\beta-1}.$$

Or, pour que cette valeur soit égale à la charge Q, il faut avoir évidemment les conditions

$$\beta'=n(1-\varepsilon)\beta^n-B\ldots$$

$$\frac{A-n\alpha(1-\varepsilon)\beta'}{n(1-\varepsilon)\beta^n-B}\beta'+\frac{\alpha(\beta^n-\beta)}{(\beta-1)^2}-\frac{\alpha(n-1)}{\beta-1}=0$$

qui donneront pour B et A les valeurs :

$$B=n(1-\varepsilon)\beta^n-\frac{\beta^n-1}{\beta-1}. \quad \ldots \quad (\mu)$$

$$A=n\alpha(1-\varepsilon)\frac{\beta^n-1}{\beta-1}-\alpha\frac{\beta^n-\beta}{(\beta-1)^2}+\frac{\alpha(n-1)}{\beta-1}. \quad \ldots \quad (\nu)$$

Mais par suite de la signification attribuée aux quantités abréviatives B, A, on doit avoir aussi en prenant $\frac{bd^\mu}{2R}=\eta$:

$$B=(\varepsilon+\eta)\frac{\beta^n-1}{\beta-1}+(2\varepsilon+\eta)\left[\frac{\overline{n-1}\,\beta^n}{\beta-1}-\frac{\beta^n-\beta}{(\beta-1)^2}\right]. \quad \ldots \quad (m)$$

$$A=\frac{n(n+1)}{1\cdot 2}\alpha(1-\varepsilon)+(\varepsilon+\eta)\alpha\left[\frac{\beta^n-\beta}{(\beta-1)^2}-\frac{n-1}{\beta-1}\right]+$$

$$(2\varepsilon+\eta)\alpha\left[\frac{\overline{n-1}\,\beta^n}{(\beta-1)^2}-\frac{\beta^n-\beta}{(\beta-1)^2}-\frac{n\overline{n-1}}{2(\beta-1)}\right]. \quad \ldots \quad (n)$$

Ainsi les deux valeurs de B doivent être identiques entr'elles, et la même chose doit avoir lieu pour A.

Pour comparer d'abord les valeurs des égalités.. (m) et (μ), faisons remarquer que l'on a $\beta(1-\varepsilon)=1+\varepsilon+\eta$, ce qui donne :

$$\overline{\varepsilon+\eta}=\beta-1-\varepsilon\beta, \text{ et } \overline{2\varepsilon+\eta}=(\beta-1)(1-\varepsilon).$$

Et par là l'équation.. (m) devient :

$$B=\beta^n-1-\varepsilon\beta\frac{\beta^n-1}{\beta-1}+(1-\varepsilon)(n-1)\beta^n-(1-\varepsilon)\frac{\beta^n-\beta}{\beta-1}.$$

En faisant les réductions du second membre, on retrouve en effet la valeur de B donnée par l'équation (μ). Pour faire la comparaison des équations (v,n), nous remarquerons que la 1re (v) peut être mise immédiatement sous la forme :

$$\frac{A.(\beta-1)^2}{\alpha}=n(1-\varepsilon)(\beta^n-1)(\beta-1)-\beta^n+\beta+(n-1)(\beta-1)\ldots$$

ou, en réduisant le second membre membre :

$$\frac{A(\beta-1)^2}{\alpha}=1-n\varepsilon+n\varepsilon\beta-(1+n-n\varepsilon)^n\beta^n+n(1-\varepsilon)\beta^{n+1}.\ \ldots\ (v')$$

Mais eu égard aux égalités $\varepsilon+\eta=\beta-1-\varepsilon\beta$, $2\varepsilon+\eta=(\beta-1)(1-\varepsilon)$, l'équation (n) devient :

$$\frac{A(\beta-1)^2}{\alpha}=\frac{n(n+1)}{1.2}(\beta-1)^2-\frac{n(n-1)(1-\varepsilon)}{1.2}(\beta-1)^2-(n-1)$$
$$(\beta-1)^2+(\beta^n-\beta)(\beta-1)-\varepsilon\beta(\beta^n-\beta)+\varepsilon(n-1)\beta(\beta-1)$$
$$+(n-1)(1-\varepsilon)\beta^n(\beta-1)-(1-\varepsilon)(\beta^n-\beta).$$

En effectuant les réductions au second membre, on retrouve pour $\frac{A(\beta-1)^2}{\alpha}$ sa valeur du second membre de l'équation (v'), de sorte que les deux valeurs de A sont aussi les mêmes. Mais pour le calcul numérique des quantités B, A, on emploiera de préférence les équations (μ,v) ou plutôt (μ,v').

§ 10. *Poulies mouflées.* La figure (9) représente un assemblage de poulies, souvent employé pour élever des fardeaux; les cordons y sont sensiblement parallèles; mais les poulies de chaque mouffle sont inégales, et sont montées chacune sur un axe particulier. Tous les axes d'une mouffle sont parallèles, horizontaux et réunis dans une même chape; la chape supérieure est fixe; l'autre est mobile et porte la charge qu'on doit soulever. Comme les éliminations du cas général sont très-compliquées, nous nous bornerons à exposer les résultats du cas où le nombre total des poulies est de quatre, les deux poulies inférieures étant inégales entr'elles, mais ayant chacune son égale dans la mouffle supérieure, de sorte que les deux poulies les plus éloignées sont supposées égales, et qu'il en est de

même des autres, prises deux à deux. On supposera aussi tous les cordons parallèles.

Soient R,R′ les rayons des poulies du système inférieur, et R>R′ ; f le coëfficient du frottement ; r,r' les rayons des essieux des roues ; si l'on prend :

$$\frac{ad^{\mu}}{2R}:(1-f\frac{r}{R})=\alpha,\ (1+f\frac{r}{R}+\frac{bd^{\mu}}{2R}):(1-f\frac{r}{R})=\beta,$$

$$\frac{ad^{\mu}}{2R'}:(1-f\cdot\frac{r'}{R'})=\alpha',\ (1+f\cdot\frac{r'}{R'}+\frac{b\cdot d^{\mu}}{2R'}):(1-f\cdot\frac{r'}{R'})=\beta',$$

$$\frac{ad^{\mu}}{2R''}:(1-f.\frac{r''}{R''})=\alpha'',\ (1+f\cdot\frac{r''}{R''}+\frac{b\cdot d^{\mu}}{2R''}):(1-f.\frac{r''}{R''})=\beta'',$$

$1+f\frac{r}{R}=\varepsilon$, $1+f\frac{r'}{R'}=\varepsilon'$, $1+f\frac{r''}{R''}=\varepsilon''$, d'où $\frac{ad^{\mu}}{2R}=\alpha(1-\varepsilon)$, etc.

On obtient par les principes généraux :

$$4(1-\varepsilon')t_5=Q+3\alpha(1-\varepsilon)+7\alpha'(1-\varepsilon')+(\beta-1-\varepsilon\beta)t_1+$$
$$(\varepsilon+2(\beta-1-\varepsilon\beta))t_2+(2\varepsilon+3(\beta'-1-\varepsilon\beta'))t_3$$
$$+(3\varepsilon'+4(\beta'-1-\varepsilon'\beta'))t_4,$$

équation où l'on introduit $(\beta-1-\varepsilon\beta)$ à la place de $\varepsilon+\frac{bd^{\mu}}{2R}$, ... et dans laquelle $t_1\ t_2\ t_3\ t_4\ t_5$ expriment les tensions des cordons. On a, en outre :

$$t_2=\alpha+\beta t_1,\ t_3=\alpha+\alpha\beta+\beta^2t_1,\ t_4=\alpha'+\alpha\beta'+\alpha\beta\beta'+\beta^2\beta't_1.$$

Si l'on fait, pour abréger l'écriture des formules :

$$C=3\alpha(1-\varepsilon)+7\alpha'(1-\varepsilon')+\alpha\varepsilon+2\alpha(\beta-1-\varepsilon\beta)+2\alpha\varepsilon(1+\beta)$$
$$+3\alpha(1+\beta)(\beta'-1-\varepsilon'\beta')+[3\varepsilon'+4(\beta'-1-\varepsilon'\beta')](\alpha'+\alpha\beta'+\alpha\beta\beta'),$$
$$D=\beta-1-\varepsilon\beta+\beta(\varepsilon+2(\beta-1-\varepsilon\beta))+\beta^2(2\varepsilon+3(\beta'-1-\varepsilon'\beta'))$$
$$+\beta^2\beta(3\varepsilon'+4(\beta'-1-\varepsilon'\beta')),$$

on obtiendra les valeurs suivantes de t_1, $P=t_5$ et de I :

$$t_1=[Q+C-4(1-\varepsilon')(\alpha'+\alpha'\beta'+\alpha\beta'^2+\alpha\beta\beta'^2)]:(4(1-\varepsilon')\beta^2\beta'^2-D),$$

$$P=[Q+C-\frac{D}{\beta^2\beta'^2}(\alpha'+\alpha'\beta'+\alpha\beta'^2+\alpha\beta\beta'^2)]:(4(1-\varepsilon')-\frac{D}{\beta^2\beta'^2}).$$

Si dans la valeur de t_1 on remet pour C et D leurs valeurs, et qu'on simplifie, on obtient :

$$t_1=(Q-2\alpha-\alpha'-\alpha\beta-\alpha\beta'-\alpha\beta\beta'):(1+\beta+\beta^2+\beta'\beta^2),$$

et de cette valeur de t_1 il est aisé de conclure que la somme des tensions est égale à la charge, comme pour le cas de l'équilibre rationnel. En posant encore :

$$2\alpha+\alpha'+\alpha_\beta+\alpha_\beta\beta'=A,\ 1+\beta+\beta^2+\beta'\beta^2=B,$$

on obtient : $t_1=(Q-A):B$;

$$P=\alpha'+\alpha'\beta'+\alpha\beta'^2+\alpha\beta_1\beta'^2+\beta^2\beta'^2\left(\frac{Q-A}{B}\right)$$

$$i=Qdq:4Pdq=Q:\left[4(\alpha'+\alpha'\beta'+\alpha\beta'^2+\alpha\beta_1\beta'^2)+4\beta^2\beta'^2\left(\frac{Q-A}{B}\right)\right].$$

Remarque. Dans le cas particulier où la corde aurait une raideur seulement proportionnelle à sa tension, ce qui arrive à très-peu près pour les courroies et cordes méplates, on a : $\alpha=0, \alpha'=0$, $\alpha''=0$, etc.; de sorte qu'alors la solution générale de la question pour un nombre quelconque $2n$ de poulies devient beaucoup plus simple.

§ 11. *De la vis sans fin* (fig. 10, 11, 12, 13). Le problème de l'équilibre de la vis sans fin n'est pas non plus sans difficulté. Nous établirons d'abord la théorie de l'équilibre rationnel de la machine; ensuite nous exposerons quelques considérations mécaniques et géométriques qui s'y rattachent et qui serviront en même temps de base à la solution de la question de l'équilibre physique.

On sait que la vis sans fin sert non-seulement à vaincre une résistance plus ou moins considérable avec une force motrice plus ou moins faible; mais à tranformer en même temps un mouvement de rotation autour d'un axe fixe en (C) en un autre mouvement de ce genre autour d'un axe (C'), croisant le premier axe dans l'espace et sous un angle droit.

Sur le noyau cylindrique, concentrique à l'axe (G, fig. 13), concevons une vis à filet carré, engrenant les dents d'une roue, concentrique à l'axe (C') : on a ainsi le mécanisme propre à la transformation de mouvement demandée, et constituant ce qu'on nomme *la vis sans fin*. Pour mieux fixer les idées, nous supposerons que l'axe fixe de la vis soit vertical, et que par conséquent l'axe (C') de la roue dentée soit horizontal. Suivant cette dernière ligne menons un plan horizontal (P,H) qui coupera à angle droit l'axe vertical de la vis en un point (C); et suivant l'axe vertical conduisons un plan (P,V) qui coupe l'axe horizontal en un point (C'). Le mouvement de rotation de la roue devra se faire dans le plan

(P,V) autour de (C'); celui de la vis se fera autour de l'axe (C), et chaque point de cette pièce décrira une circonférence autour de l'axe, en se mouvant dans un plan horizontal, parallèle au plan (P,H).

Dans ce dernier plan nous avons la ligne CC' que l'on peut nommer, comme dans les engrenages, la *ligne des centres*. Si l'on suppose la puissance, appliquée à la vis, dans un plan horizontal, et pourvue d'un bras de levier constant, il faudra pour la régularité du mouvement utile, que le moment de la résistance appliquée à la roue dentée, ou plutôt que le moment de l'effort résistant que la roue exerce contre la vis, soit constant. Si donc la surface gauche du filet de la vis ne doit toucher la surface courbe de la dent de la roue, située dans le plan (P,V) qu'en un point, de son rayon horizontal, il faudra faire en sorte que ce point de contact reste à une distance constante de l'axe de la vis; il est facile à reconnaître que cette condition est remplie de même que celle d'un moment résistant invariable, si l'on conduit la roue par la vis à une très-petite distance de la ligne des centres, et que la face courbe de la dent, provenant de l'intersection de la roue par le plan (P,V) soit une développante d'un cercle de rayon AC', et concentrique au point (C').

Mais pour ne rien préjuger, nous supposons que m soit le point de contact actuel de la vis et de la dent de roue, et nous mènerons par m une verticale $\overline{mA}$ qui coupe CC' en un point A, et nous ferons :

$$AC' = R',\ AC = R;$$

de sorte que quand la face courbe de la dent est une développante de cercle, R' exprime le rayon de ce cercle.

§ 12. *Equilibre rationnel.* Soit P la puissance motrice, appliquée à la vis et ramenée au point m dans un plan horizontal; ce qui donnera à P autour de l'axe (C) un moment de rotation $P \cdot R$; soit Q la charge appliquée à la roue, et ramenée au bras de levier R', et nommons Z l'effort normal à la surface rampante en m, transmis par la vis à la dent de roue; il faudra pour l'équilibre rationnel que la roue transmette à la vis une force normale, égale et contraire, ou un effort $-Z$. La force de dernière espèce, appliquée en m normalement à la surface héliçoïde doit donc équilibrer la force horizontale P, qui agit sur le corps de la vis, pourvue

de l'axe fixe (C). Donc la somme des moments des forces (P, —Z) autour de cet axe doit être égale à zéro.

Or au moment de —Z, rapporté à l'axe (C), on peut substituer celui de sa projection orthogonale $-Z\cdot\sin\alpha$ sur le plan (P, H); car la composante verticale ascendante $Z\cos\alpha$ de cette force agissant sur le corps de la vis parallèlement à l'axe (C) a un moment de rotation nul, et se trouve détruite par les obstacles qui rendent la vis fixe dans le sens longitudinal. Ainsi l'on aura :

$$P = Z\sin\alpha \quad \text{et} \quad Z = P : \sin\alpha$$

Soit (fig. 10) mm' l'élément circulaire que tend à décrire le point m de la roue, situé je suppose, à une distance de C', égale à $\overline{mC'} = R' + \Delta R'$; mt la tangente à mm' en m, ou le prolongement de cet élément même. Nommons aussi nmZ la normale à la surface héliçoïde, suivant laquelle la vis agit sur la dent de la roue. Suivant la ligne nmZ et la tangente $\overline{mt}$ du plan vertical (P,V) concevons un plan nmt qui coupera le plan tangent de la surface héliçoïde en m suivant une droite $\overline{mp}$. Or dans ce plan ainsi mené l'effort Z doit se décomposer en deux, l'un $Z\cdot\cos\overset{\wedge}{Zmt}$, suivant la seule ligne du mouvement possible, et l'autre suivant une ligne dans ce plan, perpendiculaire à mt, et suivant laquelle l'effort correspondant est intégralement détruit par les points fixes de l'axe qu'il tend à déplacer et à tourner. Mais l'effort dynamique transmis aura la valeur $Z\cdot\cos\overset{\wedge}{Zmt}$. Or dans l'angle solide triple, formé par les trois arêtes $\overline{mZ}$, $\overline{mA}$, $\overline{mt}$, l'angle dièdre suivant l'arête $\overline{mA}$ est droit; car le plan AmZ est normal au plan Amt, puisque la normale $\overline{mZ}$ à la surface gauche en m est une ligne située dans le plan vertical tangent au cylindre que renferme l'hélice du point m : on aura donc :

$$\cos\overset{\wedge}{Zmt} = \cos\overset{\wedge}{tmA}\cos\overset{\wedge}{ZmA} = \cos\psi\cos\overset{\wedge}{ZmA}, \quad \text{pour } \overset{\wedge}{tmA} = \psi.$$

Mais mZ devant former avec la verticale $\overline{mA}$ un angle égal à celui α de l'hélice avec l'horizon, on a $\cos\overset{\wedge}{ZmA} = \cos\alpha$, partant :

$$\cos\overset{\wedge}{Zmt} = \cos\alpha\cdot\cos\psi.$$

L'effort moteur, transmis de la vis à la roue suivant la ligne mt a par conséquent la valeur :

$$Z\cos\alpha\cos\psi \text{ ou } P\frac{\cos\alpha\cos\psi}{\sin\alpha} \text{ ou } P\cos\psi\operatorname{cotg}\alpha.$$

Cette force suivant mt doit équilibrer la résistance Q autour de l'axe (C'); ce qui donne l'équation :

$$P\cos\psi\operatorname{cotg}\alpha\,(R'+\Delta R') = QR' \ldots (1)$$

Telle est la véritable équation de l'équilibre rationnel que nous devions d'abord trouver. On voit que si l'on conduisait les deux pièces l'une par l'autre à une distance infiniment petite, de part et d'autre de la ligne des centres, on pourrait faire $\cos\psi = 1$, $\Delta R' = o$, et il viendrait :

$$P = Q\operatorname{tang}\alpha$$

et celle-ci est la formule d'équilibre qu'on expose habituellement dans les ouvrages de Statique pour la vis sans fin, tandis que la condition rigoureuse est exprimée par la formule (1) qu'on peut présenter pour plus d'analogie avec le résultat reçu, sous la forme suivante :

$$P = Q\operatorname{tang}\alpha\frac{R'}{(R'+\Delta R')\cos\psi}$$

§ 13. *Suite.* Mais il reste encore à rechercher la valeur de l'effort détruit par les points fixes de l'essieu de la roue. Cet effort aura pour expression :

$$X = Z\sin\overset{\wedge}{Zmt} = Z\sqrt{1-\cos^2\overset{\wedge}{Zmt}} = \frac{P}{\sin\alpha}\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi}$$

Il agit sur la dent de roue à très-peu-près parallèlement à l'axe horizontal; car l'angle ψ étant dans tous les cas fort petit, le plan nmt ne diffère pas bien sensiblement du plan vertical, tangent au cylindre en m. Ainsi l'on peut dire que la roue éprouve en m un effort parallèle à son axe et à très-peu-près égal à la force P. Au reste rien ne s'oppose à ce qu'on calcule la valeur rigoureuse de cet effort et de celui qui a lieu suivant le rayon mC'. En effet tm étant à la fois normal au rayon mC' et à la ligne $m\varepsilon$ (fig. 11) menée par m, parallèle à l'axe C', est perpendiculaire à $\varepsilon mC'$; donc puisque la ligne d'action de l'effort X est aussi une normale à mt, il faut qu'elle soit située dans le plan $\varepsilon mC'$ où elle occupera une position que l'on nommera $\overline{m\eta}$: de plus cette ligne $m\eta$ devant se trouver aussi dans le plan nmt, sera

la ligne d'intersection de ce dernier plan avec le plan $\varepsilon mC'$. On peut maintenant décomposer l'effort X qui agit suivant $m\eta$ en deux autres, l'un X′ suivant $\overline{m\varepsilon}$, et l'autre X″ suivant mC'.

On aura : $X' = X \cdot \cos \overset{\wedge}{\eta m \varepsilon}$, pour l'effort suivant $\overline{m\varepsilon}$:

$X'' = X \cos \overset{\wedge}{\eta m C'}$ pour l'effort suivant mC'.

La force X′ exprime cette espèce de force de torsion détruite par les points fixes de la roue et qui tend à rompre les dents parallèlement à l'axe. La force X″ produit une certaine pression sur l'axe de m vers C′ ; en outre cet axe éprouve une pression principale, égale à la résultante des forces Q et $P \cos\psi \cdot \operatorname{cotg}\alpha$. La pression totale sur l'axe sera la résultante des forces X″, Q, $P \cos\psi \cdot \operatorname{cotg}\alpha$. Reste à calculer les angles $\overset{\wedge}{\eta m C'}$, $\overset{\wedge}{\eta m \varepsilon}$, ou l'angle unique $\overset{\wedge}{\eta m C'}$ dont $\overset{\wedge}{\eta m \varepsilon}$ est le complément. Or en décrivant une sphère du point m comme centre (fig. 11) et avec un rayon quelconque, et y traçant le triangle sphérique $CZ\eta$ que déterminent les trois arêtes mC', mZ, $m\eta$ par leurs rencontres avec cette sphère, on obtient :

$$\cos \overset{\wedge}{\eta m C'} = \cos \overset{\wedge}{\eta m Z} \cos \overset{\wedge}{C' m Z} + \sin \overset{\wedge}{\eta m Z} \sin \overset{\wedge}{C' m Z} \cos (\overset{\wedge}{m, Z})$$

$\overset{\wedge}{m, Z}$ désigne l'angle dièdre des deux plans ZmC', $Zm\eta$: mais on a : $\cos \overset{\wedge}{C' m Z} = \cos \overset{\wedge}{C' m A} \cos \overset{\wedge}{Z m A}$, car le plan ZmA fait avec le plan Zmt un angle droit ; et comme $\cos \overset{\wedge}{C' m A} = \sin\psi$, $\cos \overset{\wedge}{Z m A} = \cos\alpha$, on en conclut $\cos \overset{\wedge}{C' m Z} = \cos\alpha \sin\psi$, $\cos \overset{\wedge}{\eta m Z} = \sin \overset{\wedge}{tm Z} = \sqrt{1 - \cos^2\alpha \cos^2\psi}$, $\sin \overset{\wedge}{\eta m Z} = \cos \overset{\wedge}{tm Z} = \cos\alpha \cos\psi$.

La substitution de ces valeurs donne pour $\overset{\wedge}{\eta m C'}$, en observant encore que $\cos \overset{\wedge}{m, Z} = \sin\psi \sin\alpha : \sqrt{1 - \cos^2\alpha \sin^2\psi}$:

$$\cos \overset{\wedge}{\eta m C'} = \sin\psi \cos\alpha \sqrt{1 - \cos^2\alpha \cos^2\psi} + \sin\psi \cos\alpha \sin\alpha \cos\psi.$$

Ainsi l'effort suivant mC' aura la valeur :

$$Z \sin\psi \cos\alpha \sqrt{1 - \cos^2\alpha \cos^2\psi} (\sin\alpha \cos\psi + \sqrt{1 - \cos^2\alpha \cos^2\psi}).$$

L'on en conclut aussi facilement la valeur de la force de torsion qui agit suivant $m\varepsilon$, parallèlement à l'axe. Pour le cas de $\psi = o$, ou de ψ infiniment petit, cette dernière force redevient en effet

égale à $X.\cos\gamma\widehat{m\varepsilon}$, ou $X.\sin\gamma mC'$ ou $P\frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\sin\alpha}=P$, et l'effort suivant mC' redevient nul.

§ 14. On doit remarquer maintenant d'après l'équation (1) que si la face courbe de la dent est la développante du cercle de rayon R', on aura constamment : $R':(R'+\Delta R')\cos\psi=1$, dans le triangle variable mAC' ; de sorte que l'on obtient alors, comme pour le cas d'une distance infiniment petite $P=Q\tang\alpha$, pour condition d'équilibre; et pour que celle-ci soit satisfaite, on n'aura besoin que d'une force constante agissant autour de l'axe de la vis, puisque l'effort P en m sera constant, si pour Q constant α est constant. Or pour le cas de la développante mentionnée la ligne verticale $\overline{mA}$ sera fixe de position. Donc le point m pris sur la surface gauche reste à une distance constante de l'axe (C) ; il restera donc constamment sur la même hélice de la surface rampante : α sera donc invariable, et P le sera par conséquent aussi. L'effort moteur devra donc aussi avoir une valeur constante, ce qui en pratique est plus facile à réaliser que de se procurer une force variant d'après une loi purement géométrique, donnée d'avance, et telle que celle de $Q\tang\alpha$ qui aurait lieu, si le point m le rapprochait ou l'écartait de l'axe (C) pendant le mouvement utile.

§ 15. Une seconde question, purement géométrique, il est vrai, mais importante, consiste à trouver rigoureusement encore le chemin de rotation de la roue, contemporain au chemin de rotation autour de l'axe de la vis. Soient $Rd\varphi$, et $R\frac{d\varphi}{dt}$ les vitesses virtuelles et finies du point m pendant un instant quelconque, ce point étant considéré comme faisant partie de la vis ; $R'd\varphi'$, $R'\frac{d\varphi'}{dt}$ celles sur le cercle (R') de la roue conduite; le point m étant considéré alors comme appartenant à la dent de la roue, aura donc les vitesses :

$$R'd\varphi'+\Delta R'd\varphi' \text{ et } R'\frac{d\varphi'}{dt}+\Delta R'\frac{d\varphi'}{dt}$$

or le point m de la vis a pour vitesses composantes : $R\frac{d\varphi'}{dt}\sin\alpha$

dans le sens de $\overline{mZ}$, $R\frac{d\varphi}{dt}\cos\alpha$ dans le sens de l'hélice en m.

Le point m de la roue a pour vitesses composantes :

$$(R'+\Delta R')\frac{d\varphi'}{dt}\cos\alpha\cos\psi \text{ suivant } \overline{mZ}$$

$$(R'+\Delta R')\frac{d\varphi'}{dt}\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi} \text{ suivant la trace } mp :$$

$\overline{mp}$ marquant la ligne d'intersection du plan nmt avec le plan tangent à la surface gauche; car ainsi l'on a :

$$\cos \overset{\wedge}{tmp} = \sin \overset{\wedge}{tmZ} = \sqrt{1-\cos^2\alpha\cdot\cos^2\psi}.$$

Or pour la possibilité du mouvement de ces deux points, se pressant l'un l'autre, il faut que les composantes suivant la normale commune $\overline{mZ}$ soient égales entr'elles : ainsi nous aurons :

$$(R'+\Delta R')d\varphi'\cos\psi\cdot\cos\alpha = Rd\varphi\sin\alpha, \text{ d'où :}$$

$$d\varphi' = d\varphi\,\mathrm{tang}\alpha\,\frac{R}{(R'+\Delta R')\cos\psi} \quad \ldots (2).$$

La comparaison de ce résultat avec celui de l'équation (1) donne, quelle que soit la forme des dents de la roue :

$$PR\,d\varphi = QR'\,d\varphi'$$

ce qui reproduit et démontre le principe des moments virtuels effectifs. Il est bien entendu que la construction des dents de la roue est censée telle que la vis puisse mener celle-ci. Recherchons aussi le chemin de glissement relatif sur le plan tangent de la surface gauche par les points (m,m) considérés d'après la manière indiquée plus haut.

Le point m de la vis décrit dans le sens de l'élément ascendant de l'hélice un chemin virtuel $Rd\varphi\cdot\cos\alpha$; le point m de la dent pressée décrit dans le sens de la ligne mp un chemin :

$(R'+\Delta R')\,d\varphi'\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi}$ qui devient en vertu de l'égalité (2) :

$$R\,d\varphi\frac{\mathrm{tang}\alpha}{\cos\psi}\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi} = \overline{mp}.$$

L'écart de glissement résultant des points (m,m) aura donc pour valeur celle de la diagonale $\overline{mp}$ du parallélogramme construit sur ces deux chemins particls, mais au chemin $\overline{mp}$ nous

pouvons substituer ici deux chemins partiels rectangulaires, l'un suivant l'élément d'hélice descendant en m, et l'autre suivant le rayon horizontal mh (fig. 12) situé en m sur la surface gauche. Ainsi en nommant md la tangente descendante de l'hélice, nous avons à calculer d'abord la quantité $\cos\overset{\Delta}{(pmd)}$. Or en considérant l'angle solide triple formé par les arêtes $\overline{mp}$, md, $mn't$, nous observerons que l'angle dièdre suivant la trace mp est droit, puisque le plan Zmp ou Zmt est normal au plan tangent : on aura donc premièrement :

$$\cos\overset{\Delta}{(tmd)} = \cos\overset{\Delta}{(pmt)}\cos\overset{\Delta}{(pmd)},$$

$$\cos\overset{\Delta}{(pmt)} = \sin\overset{\Delta}{Zmt} = \sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi}.$$

Considérons ensuite l'angle solide des trois arêtes mt, md, $m\mathrm{A}$ dans lequel les deux plans $tm\mathrm{A}$, $dm\mathrm{A}$ sont rectangulaires, ce qui rend droit l'angle dièdre suivant l'arête $m\mathrm{A}$: on y aura donc :

$$\cos\overset{\Delta}{(tmd)} = \cos\overset{\Delta}{tm\mathrm{A}}\cos\overset{\Delta}{dm\mathrm{A}} = \cos\varphi\sin\alpha;$$

$$\text{d'où : } \cos\overset{\Delta}{(pmd)} = \frac{\cos\overset{\Delta}{(tmd)}}{\cos\overset{\Delta}{(pmt)}} = \frac{\cos\psi\sin\alpha}{\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi}}.$$

résultat qui montre que la ligne mp tombe en effet très-près de md pour le cas où l'angle ψ est très-petit. Si l'on considère que $\overset{\Delta}{pmh} = 90° - \overset{\Delta}{pmd}$, on en déduit :

$$\cos\overset{\Delta}{pmh} = \frac{\sin\psi}{\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi}}.$$

Les deux composantes rectangulaires de $\overline{mp}$ suivant md, mh auront par conséquent les valeurs :

$$\mathrm{R}\,d\varphi\frac{\operatorname{tang}\alpha}{\cos\psi}\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi}.\cos\overset{\Delta}{pmd} = \mathrm{R}\,d\varphi\operatorname{tang}\alpha\sin\alpha$$

suivant $\overline{md}$;

$$\mathrm{R}\,d\varphi\frac{\operatorname{tang}\alpha}{\cos\psi}\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi}.\cos\overset{\Delta}{pmh} = \mathrm{R}\,d\varphi\operatorname{tang}\alpha\operatorname{tang}\psi\ldots\overline{mh};$$

et l'on obtient pour la valeur du chemin de glissement résultant la quantité :

$$R\,d\varphi\sqrt{(\cos\alpha+\frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha})^2+\frac{\tang^2\psi.\sin^2\alpha}{\cos^2\alpha}}$$

$$=R\frac{d\varphi}{\cos\alpha}\sqrt{1+\sin^2\alpha\tang^2\psi}. \quad \ldots \quad (5)$$

Et cette expression est à la forme près identique à la valeur donnée d'après une marche différente, par Coriolis, dans l'ouvrage déjà cité précédemment.

§ 16. Maintenant nous sommes en état de traiter d'une manière rigoureuse et générale la question de l'équilibre physique de la machine; mais nous ne tiendrons d'abord compte que du frottement entre la surface de la vis et des dents de roue, afin de pouvoir exposer avec clarté les objections que nous avons à opposer à la manière ordinaire de procéder, dans laquelle on attribue le frottement à des pressions normales qui nous paraissent inadmissibles; et qu'on le remarque bien, la vraie difficulté consiste presque toujours dans la recherche des pressions normales.

Dans les applications du calcul à la mécanique (p. 211-214), par Navier, on trouve trois méthodes différentes de résoudre la question :

Dans les deux 1res méthodes l'auteur admet une pression normale P : $\sin\alpha$; P ayant maintenant pour valeur, non plus l'effort capable de l'équilibre rationnel, mais celui qui est capable de l'équilibre physique et effectif. Mais dans la 3^{me} méthode qui est exposée en note, on donne pour pression normale : $P\sin\alpha+Q\cos\alpha$; cette dernière n'est pas admissible, puisque cela supposerait une loi de décomposition des forces, différente de celle d'après laquelle l'auteur prend d'abord $P:\sin\alpha$ pour force normale; il y a du moins là contradiction : il est vrai que dans le cas d'une vis, sollicitée par une force et une charge, et ayant pour appui la surface fixe d'un écrou on trouve facilement pour pression normale : $P\sin\alpha+Q\cos\alpha$; mais rien ne justifie l'analogie d'un cas pareil avec le cas actuel; et tout doit même se passer maintenant d'une manière très-différente, puisque l'équilibre rationnel exige ici non pas l'égalité des efforts tangentiels, mais celle des efforts normaux.

Dans son ouvrage sur le *Calcul de l'effet des Machines*, Coriolis admet pour pression normale, la quantité $P:(\sin\alpha+f\cos\alpha)$, qu'il déduit du plan incliné et du coin; mais il est facile de prouver que sa méthode se réduit à celle de M. Poncelet que nous croyons avoir

réfutée dans notre premier travail sur la vis. En effet, selon cette méthode il faut, dit-on, qu'il y ait équilibre entre la force horizontale P, la pression normale R prise en sens contraire, et entre le frottement f·R, ou que cet équilibre subsiste entre P,— R, fR, fR étant censé dirigé suivant l'élément descendant de l'hélice au point *m* même, hypothèse au moins admissible pour un angle ψ infiniment petit.

Si donc il était permis de considérer la vis avec son axe comme un corps rigide libre, d'après la supposition gratuite et de la méthode ordinaire, on devrait égaler à zéro la somme des projections orthogonales des forces P, — R, fR sur un axe quelconque ; et en prenant d'abord la ligne de P même pour cet axe, on aurait :

$$P - R\sin - fR\cos\alpha = 0 \text{ et } R = P:(\sin\alpha + f\cos\alpha),$$

ce qui est précisément la valeur adoptée par Coriolis. Cela prouve, de même que le cas de la vis, que nous interprétons la théorie ordinaire d'une manière convenable et que nous en tirons seulement les conclusions que l'on en a déjà tirées avant nous.

Mais dans le cas actuel on pourrait croire au premier abord que Coriolis ait lui-même inexactement appliqué la méthode ordinaire et absolue, en ce que pour établir son équation de condition et les analogues, il a supposé libre le corps de la vis, sans appliquer à l'axe des forces égales et contraires aux pressions souffertes par les points d'appui de cet axe.

Laissons cet axe fixe, pour n'avoir pas besoin d'introduire de nouvelles inconnues dans les équations de condition ; dès-lors il doit donc suffire, au point de vue de la théorie absolue, que les forces P,—R, f·R se fassent équilibre autour de l'axe de la vis ; ce qui rend nulle la somme de leurs moments. Or, au moment de —R autour de l'axe (C) on peut substituer celui de sa projection horizontale —R sin α qui coïncide avec la ligne contraire de la force P ; et au moment de fR on pourra encore substituer celui de sa projection horizontale qui tombe encore sur cette ligne contraire ; cela donne encore une fois à cause d'un bras de levier commun :

$$-R\sin\alpha - fR\cos\alpha + P = 0.$$

De plus, suivant la verticale la vis serait sollicitée par deux forces ou par une force unique ascendante $R\cos\alpha - f\cdot R\cdot\sin\alpha$, détruite par l'axe fixe. On ne doit pas trouver étrange que ce raisonnement reproduise le premier résultat, car les trois forces qu'on dit en

équilibre, sont appliquées en un même point; et elles ne sauraient transmettre à l'axe aucune pression perpendiculaire. Il suffirait par conséquent de fixer cet axe dans le sens longitudinal pour détruire la composante parallèle. Il est bien entendu qu'ici nous raisonnons d'après la théorie ordinaire même, qu'il est facile de renverser avec son échaffaudage de pressions normales prises en sens contraire, et considérées comme forces actives.

D'abord nous ferons remarquer ici, comme dans la question générale de la vis, que quand on prend la force R en sens contraire, et qu'on la considère comme une force active, la surface hélicoïde ne se trouve plus pressée contre la dent de roue, et que par conséquent il n'y a plus frottement; et il ne peut par conséquent pas être question d'établir l'équilibre entre les forces $-R, fR, P$; nous voyons seulement encore que l'équilibre soit possible entre P et $-R$; car par suite de la transformation opérée la force passive fR a disparu. Mais dès-lors aussi l'équation de Coriolis se remplacerait par cette autre $-R\sin\alpha+P=0$; et le résultat fourni par celle-ci s'accorde déjà avec celui de la 1re méthode de Navier. Nous rejetons d'ailleurs la pression normale $P\sin\alpha+Q\cos\alpha$, car on ne saurait la justifier par aucun raisonnement direct et plausible. Mais nous sommes loin d'avoir l'explication de toutes les difficultés présentes; et avant que d'adopter pour pression normale l'expression $P:\sin\alpha$, P étant ici, d'après Navier, plus fort que le P de l'équilibre rationnel, nous devons la soumettre à diverses épreuves. En effet, si d'une part on est naturellement porté par l'analogie de ce qui se passe dans l'équilibre rationnel, à prendre $P:\sin\alpha$ pour valeur de l'effort transmis de la vis à la roue suivant la ligne $\overline{mZ}$, il n'est pas moins naturel d'admettre que la résistance Q réduite dans le rapport de $R':R'+\Delta R'$ ou que l'effort résistant $QR':(R'+\Delta R')$, ramené au bras $R'+\Delta R'$ exerce sur la vis et dans la direction $\overline{Zm}$ un effet normal :

$$QR':(R'+\Delta R')\cos\alpha \ \ldots \ (T)$$

comme pour le cas de l'équilibre rationnel. On n'est donc pas plus en droit d'attribuer avec Navier le frottement à l'effort normal $P:\sin\alpha$, qu'on ne l'est de l'attribuer à la réaction normale active donnée par (T), ou plus exactement à $QR':(R'+\Delta R')\cos\alpha\cdot\cos\psi\ldots$ (T'), et pour conserver intact le principe de l'égalité de l'action et de la réaction statique, il est même plus rationnel d'affirmer que

la pression normale entre les deux pièces à la valeur (T'), et que l'excédant de force

$$P : \sin\alpha - QR' : (R' + \Delta R') \cos\alpha \cos\psi$$

est uniquement dépensé à surmonter les frottements entre les deux pièces et dus à l'effort normal .. (T'). Tel est, croyons-nous, l'unique moyen de se sauver de toute contradiction; de plus cette manière de voir revient à admettre que la portion P' de P, capable de l'équilibre idéal se décompose seule suivant la normale $\overline{mZ}$ et que l'autre $P'' = P - P'$ soit uniquement employée à vaincre la résistance passive entre les deux pièces : on ne doit pas conclure de là contre nous, que nous attribuions le frottement à la portion P' seulement; nous admettons cela, il est vrai, pour le frottement entre les deux pièces en contact; mais la force P'' tirant le corps de la vis autour d'un axe fixe, occasionne aussi bien que P' une certaine pression sur l'axe, et partant un frottement correspondant; de sorte qu'en définitive les frottements sont plus considérables dans la machine que ceux dus à la force P'. D'après cela on peut évaluer le moment virtuel du frottement entre la vis et les dents : la puissance transmet donc à la roue et suivant mZ un effort $P' : \sin\alpha = Q \cdot R' : (R' + \Delta R' \cos\alpha \cos\psi$, valeur que l'on peut représenter par $\mu \cdot Q$, en posant :

$$R' : (R' + \Delta R') \cos\alpha \cos\psi = \mu ;$$

cela donne un frottement $f\mu Q$ ou $f_1\mu Q$ selon qu'il s'agira du glissement de la surface gauche sur la dent de roue, ou de celle-ci sur la 1re pièce. Mais le point m, considéré comme appartenant à la vis, glisse d'un chemin relatif $Rd\varphi\cos\alpha$, tandis que la dent glisse elle-même sur le filet d'un chemin

$R\,d\varphi\,\mathrm{tang}\,\alpha\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi} : \cos\psi$, ce qui donne les deux moments virtuels simultanés :

$$f \cdot \mu \cdot Q \cdot R \cdot \cos\alpha \cdot d\varphi \text{ et } f_1\mu QR\,\mathrm{tang}\,\alpha\,\frac{d\varphi}{\cos\psi}\sqrt{1-\cos^2\alpha\cdot\cos^2\psi}$$

et la force détruite en m par ces deux genres de frottements aura par conséquent pour valeur :

$$P'' = \mu Q\left(f Q \cos\alpha + f_1 \frac{\mathrm{tang}\,\alpha}{\cos\psi}\sqrt{1-\cos^2\alpha\cos^2\psi}\right). \quad \ldots \quad (4)$$

On pourrait objecter à ce procédé d'évaluation qu'il n'y a qu'un frottement résultant, dirigé dans la direction prolongée du mouvement unique qui résulte des deux mouvements partiels :

mais comme alors les deux surfaces glissent à la fois l'une sur l'autre, il doit y avoir un coëfficient du frottement particulier f_2, de sorte qu'il y a un moment unique, si l'on veut, et égal à :

$$f_2 \mu Q R \, d\varphi \sqrt{1 + \sin^2\alpha \tan g^2\psi} : \cos\alpha,$$

ce qui donnerait pour la force détruite en m ou la puissance partielle P'', consommée par le frottement :

$$P'' = f_2 \mu Q \sqrt{1 + \sin^2\alpha \tan g^2\psi} : \cos\alpha;$$

et l'on devrait par conséquent soumettre f_2 à l'équation de condition :

$$f_2 \cdot \frac{\sqrt{1 + \sin^2\alpha \tan g^2\psi}}{\cos^2\alpha} = f + f_1 \frac{\tan g\alpha}{\cos\alpha \cos\psi} \sqrt{1 - \cos^2\alpha \cos^2\psi};$$

laquelle ne suppose d'ailleurs rien d'absurde, en ce qu'elle fait dépendre la quantité f_2 de celles f, f_1 et des deux angles α, ψ. Quand ψ reste infiniment petit, on en tire

$f_2 = f\cos^2\alpha + f_1 \sin^2\alpha$; et celle-ci donne $f_2 = f$ pour $f_1 = f$,

et pour $\alpha = 0$: et c'est en effet ce qui doit avoir lieu; c'est là une vérification nécessaire, mais ce n'est pas une justification suffisante de la formule générale. Mais il n'y a pas seulement frottement entre les dents de la roue et le filet de la vis; l'axe de la dernière pièce doit être assujetti à des colliers qui l'empêchent de se déplacer dans le sens perpendiculaire, et maintenu par des épaulements qui l'empêchent de glisser dans le sens longitudinal. Nous abandonnons à la sagacité du lecteur le soin d'établir l'équation d'équilibre générale, eu égard aux frottements de toute espèce; qu'il nous suffise d'avoir indiqué les difficultés principales de la question, et d'en avoir au moins résolu quelques-unes d'entr'elles.

§ 17. *De la Balance à bascule.* Le problème de la balance à bascule se trouve déjà traité dans le *Nouveau Dictionnaire des Arts et Manufactures*, et nous l'avons traité de notre côté dans le Bulletin du Musée de l'industrie de 1846. Nous allons le reprendre dans le but d'en donner une discussion plus approfondie et plus détaillée. Soit UAB un plan rigide qui s'appuie sur la tige verticale qU, attachée à l'extrémité du levier ros; ce levier a son point fixe en O, se trouve tiré en r par un contre-poids variable π qui doit équilibrer le corps à peser. Le triangle UAB peut ensuite tourner autour d'un axe AB qui est le tranchant horizontal d'un couteau,

et qui croise à angle droit le levier rigide *rosq*; en outre, il est destiné à supporter en partie le tablier qui d'une part porte sur les couteaux en (C,D), et de l'autre s'appuie par son extrémité et à l'aide d'un crochet sur le point T de la tige verticale T*s*, attachée en *s* au levier *rq*. Il s'agit d'établir les conditions d'équilibre de cette balance, et de reconnaître les conditions qu'elle doit remplir, pour avoir toute l'exactitude désirable.

Soit Z le poids du corps à peser, posé quelque part en V sur le tablier de l'appareil; une partie Z′ de ce poids se rejettera sur le point d'appui en T, et l'autre partie Z — Z′ se transmettra sur l'axe CD des couteaux, comme sur l'axe d'appui du levier TVM; on aura donc :

$$Z' = Z\frac{VM}{TM}, \quad Z - Z' = Z\frac{VT}{MT}.$$

Ainsi le contre-poids π, suspendu en *r* à l'extrémité du bras invariable $\overline{or}$ devra équilibrer le poids Z′ agissant avec un bras de levier $\overline{os}$, et la force de pression que le poids Z—Z′, appliqué en M sur le triangle rigide est capable de transmettre en V suivant la tringle rigide *q*U; mais cette force de pression sera évidemment :

$$(Z - Z')\frac{MN}{UN}.$$

On aura donc l'équation :

$$\pi \cdot \overline{or} = Z' \cdot \overline{os} + (Z - Z') \cdot \overline{oq} \cdot \frac{MN}{UN}. \quad \ldots \text{(I)}$$

Remarquons d'après la fig. 14 *bis*, que $\overline{UN} = \overline{UA}$. En mettant pour Z′, Z″ leurs valeurs, on pourrait faire aussi :

$$\pi \cdot \overline{or} = Z \cdot \overline{os} \cdot \frac{VM}{TM} + Z \cdot \overline{oq} \cdot \frac{VT}{MT} \cdot \frac{MN}{UN}. \quad \ldots \text{(II)}$$

Mais la première égalité est préférable; elle montre immédiatement que le contre-poids π propre à équilibrer Z sera indépendant des quantités de pression variables Z′, Z—Z′, partant indépendant de la position que le corps à peser occupe sur le plateau de l'appareil, toutes les fois qu'on prend :

$$Z' \cdot \overline{os} = Z' \cdot \overline{oq} \cdot \frac{MN}{UN} \quad \text{ou} \quad \overline{os} : \overline{oq} = \overline{MN} : \overline{UN}.$$

Pour obtenir ce résultat d'indépendance, il suffira donc de

prendre les distances $\overline{os}$, $\overline{oq}$ proportionnelles à celles $\overline{MN}$, $\overline{UN}$ respectivement. Une balance de ce genre dans laquelle cette proportionnalité ne serait pas satisfaite, d'une manière au moins fort approchée, devrait être mise hors d'usage, ou changée en conséquence de cette règle. La condition prescrite étant censée remplie, l'égalité (I) devient :

$$\pi \cdot \overline{or} = Z \cdot \overline{oq} \cdot \frac{MN}{UN} = Z \cdot \overline{oq} \cdot \frac{os}{oq} = Z \cdot \overline{os}.$$

On trouve par conséquent le poids du corps à peser, placé sur le tablier, en cherchant le contre-poids π capable de l'équilibrer, et multipliant celui-ci par le rapport invariable et connu à l'avance de la ligne $\overline{or}$ à celle $\overline{os}$: il est bien entendu que l'appareil doit être en équilibre sous l'action du poids de ses parties *plateau*, *tablier*, *levier*, *tiges*, etc. L'égalité (II) conduirait par une voie un peu plus longue aux mêmes résultats.

Supposons présentement, ce qui arrive pour de certaines balances de ce genre, que la condition essentielle, reconnue ci-dessus, ne soit pas remplie, et examinons ce qui a lieu alors. Le contre-poids π devra varier pour un même poids Z, selon que celui-ci sera placé plus loin ou plus près du levier $\overline{rq}$ sur le tablier. Si l'on place le corps Z, par exemple au milieu de la ligne TV, on obtient :

$$\pi \cdot \overline{or} = \tfrac{1}{2} Z \left(os + oq \cdot \frac{MN}{UN} \right).$$

Au contraire si on le place au centre de gravité des trois sommets T, C, D, on aura besoin, pour l'équilibre, d'un contre-poids π' donné par l'équation :

$$\pi' \cdot \overline{or} = \tfrac{1}{3} Z \left(\overline{os} + 2\overline{oq} \cdot \frac{MN}{UN} \right).$$

On pourrait donc bien calculer encore le contre-poids qui équilibre un même poids; mais cette manière de procéder ne saurait convenir à l'opération pratique de la pesée.

En général le contre-poids, requis pour l'équilibre d'un même poids Z doit augmenter à mesure que celui-ci se rapproche des sommets U et T, et diminuer quand le poids Z s'éloigne de ces sommets, sur le tablier. En effet l'égalité (II) peut recevoir la forme :

$$\pi \cdot \overline{or} = Z \cdot \overline{oq} \cdot \frac{MN}{UN} + Z \cdot \frac{VM}{TM} \left(os - oq \cdot \frac{MN}{UN} \right)$$

et le seul facteur variable du dernier terme du second membre de cette égalité, savoir $\frac{VM}{TM}$ augmente et diminue avec la quantité VM. Il est clair aussi que dans le cas même où le contre-poids a une valeur indépendante de la position de Z, il faut encore placer celui-ci entre le sommet U et la ligne CD. Il est vrai que si Z est placé sur la ligne CD même, on aura toujours $\pi \cdot \overline{or} = Z \cdot \overline{os}$ dans l'hypothèse d'une exécution parfaite; mais il convient d'éviter cette limite, pour ne pas risquer de la dépasser.

Présentons maintenant aussi quelques considérations sur la distribution des pressions qui s'exercent aux points fixes, supportant les couteaux en C et en O. A cause de l'équation d'équilibre $\pi \cdot \overline{or} = Z \cdot \overline{os}$, on pourrait croire au premier abord que la pression en O soit égale à la somme de poids $\pi + Z$; mais il n'en est pas ainsi; car la force Z se transmet en partie au point M ou en (C,D) et de là sur l'arête d'appui $\overline{AB}$; et le point (O) se trouve allégé de toute cette partie de poids; sa pression sera :

$$\pi + Z \cdot \frac{VM}{TM} + Z \cdot \frac{VT}{TM} \cdot \frac{MN}{VN} < \pi + Z;$$

la pression en N sera $Z \cdot \frac{VT}{TM} \cdot \frac{UN}{UN}$: la somme de ces deux pressions reproduit en effet le poids total $\pi + Z$; ainsi abstraction faite du poids même de certaines pièces de l'appareil, le frottement y est plus faible que dans la balance ordinaire où l'on pèse un poids Z par le moyen d'un poids à très-près peu égal, ce qui donne une augmentation de résistance passive quoiqu'il n'y ait qu'un seul axe de rotation. Mais en revanche l'idée de peser de très-faibles charges qu'on suspendrait à l'extrémité r du levier par le moyen de poids très-forts qu'on placerait sur le tablier de la bascule ne nous paraîtrait pas heureuse; car alors la balance ordinaire aurait un frottement dû au double poids 2π, tandis que celui de la bascule serait occasionné par une force à-peu-près égale à $\pi + Z$, et partant beaucoup plus considérable.

§ 18. *Équilibre de la bascule, pour une position inclinée du levier : sensibilité de l'appareil.* Le levier $\overline{rq}$ étant dérangé d'une manière très-sensible de sa position horizontale, par l'effet d'un poids Z_1 posé quelque part en V sur le tablier, il s'établira dans le système une nouvelle figure d'équilibre qu'il faut d'abord obtenir graphiquement. Soit (fig. 15) $r'oq'$ la nouvelle position du levier : du point q' comme centre avec un rayon égal à $\overline{q\mathrm{U}}$ décrivons un arc de cercle : du point ω centre de rotation du couteau en N avec un rayon égal à $\overline{\omega\mathrm{U}}$ décrivons un second arc qui coupera le premier en U' ; le point d'intersection, avec le point q' déterminera la position nouvelle $q'\mathrm{U}'$ de la tige $q\mathrm{U}$ qui d'abord était verticale : du point U' tirons une tangente U'N' à la circonférence, ayant ω pour centre, et pour rayon la hauteur $\overline{\omega\mathrm{N}}$ du couteau N. Cette tangente touchera en N', et la nouvelle position de $\overline{\mathrm{UN}}$ sera par conséquent U'N' : de plus le point M du couteau en M aura cheminé en M', point que l'on obtient en prenant sur N'U' à partir de N' une distance N'M'=NM, ou en décrivant de ω comme centre avec un rayon ωM un arc qui coupe V'N' au point cherché ; du point s' ($os'=os$), comme centre avec un rayon égal à sT on décrira un arc ; du point M' avec un rayon égal à MT on en décrira un second qui coupera le 1^er^ en un point T' : s'T' sera la nouvelle position de la tige sT. Soit $\overline{\mathrm{MM}_1}$ la hauteur verticale du couteau en M : tirez T'M', et sur cette ligne comme base élevez en M' une perpendiculaire M'M$_1$'=MM$_1$: tirez la droite indéfinie T'M$_1$' qui sera la nouvelle position du tablier.

Examinons présentement l'étendue relative des mouvements ou plutôt des déplacements de ces diverses pièces. En nommant d le très-petit angle de $q'\mathrm{U}'$ avec la verticale, et remarquant que l'arc qq' et la longueur $q'\mathrm{U}'$ doivent donner une projection verticale et totale :

$$\overline{oq}\cdot\sin\overset{\wedge}{q'oq}+\overline{\mathrm{U}'q'}\cdot\cos d$$

égale à la verticale Uq, augmentée de la projection verticale de l'arc ou de la corde UU', on obtiendra, en prenant $\mathrm{U}\overset{\wedge}{\omega}\mathrm{U}'=\gamma$, $q'\delta q=\varepsilon$:

$$\overline{oq}\cdot\sin\varepsilon+\overline{\mathrm{U}q}\cdot\cos d=\overline{\mathrm{U}q}+\overline{\mathrm{UU}'}\cdot\cos(\mathrm{UU}',\overset{\wedge}{\mathrm{U}q});$$

si donc on remarque que les angles d, γ surtout sont fort petits, on aura très-approximativement :

$\overline{UU'}\cos(\widehat{UU'}\cdot Uq)=UU'=\overline{U\Omega}\cdot\eta$; $\overline{Uq}\cdot\cos d=\overline{Uq'}$, d'où :

$$\overline{oq}\cdot\sin\varepsilon=\overline{U\Omega}\cdot\eta.\ \text{et}\ \eta=\frac{oq}{U\Omega}\sin\varepsilon.$$

Pour savoir de combien le point M descend verticalement, il faut projeter l'arc ou la corde MM' sur la verticale, mais cet arc vaut : $\overline{M\Omega}.\eta=\eta.\sqrt{\overline{MN}^2+\overline{N\Omega}^2}$; et l'angle de cet arc avec la verticale en M est égale à l'angle compris entre $\overline{M\Omega}$ et $\overline{MN}$; cela revient à confondre la direction du petit arc MM' avec sa tangente en M. Ainsi la projection de cet arc aura la valeur

$$\eta.\overline{M\Omega}\cdot\overline{MN}:\overline{M\Omega}=\overline{MN}:\eta=\overline{oq}\cdot\sin\varepsilon\ \frac{MN}{\Omega U}:$$

Si l'on néglige encore $\overline{N\Omega}$ par rapport à $\overline{U\Omega}$, on peut remplacer le rapport $\overline{MN}:\overline{\Omega U}$ par $\overline{MN}:\overline{NU}$; le point M du tablier descend par conséquent d'une quantité verticale presque égale à $\frac{MN}{NU}\cdot oq\cdot\sin\varepsilon=os\cdot\sin\varepsilon$; or le sommet s descend précisément en s' d'une quantité $\overline{os}\cdot\sin\varepsilon$; donc puisque la tige $s'T'$ doit être encore verticale, à moins d'une inclinaison excessivement petite, le sommet T' conserve avec T une différence de niveau presque rigoureusement égale à $os.\sin\varepsilon$. Donc la ligne $T'M_1'$ du tablier est encore horizontale. Concluons de là que quand le système est dérangé infiniment peu de sa position naturelle, le tablier reste absolument horizontal, et qu'il le reste encore à très-peu près, quand l'appareil est dérangé d'une manière sensible.

Calculons aussi une valeur approchée de la quantité d : à cet effet nous projetterons horizontalement les lignes oq', $q'U'$, $U'N'$: en remarquant que ces projections augmentées de l'arc N'N doivent donner une somme égale à $\overline{oq}+\overline{UN}$, on obtiendra :

$$\overline{oq'}\cdot\cos\varepsilon+\overline{q'U'}\cdot\sin d+\overline{U'N'}\cdot\cos\eta+\overline{\Omega N}\cdot\eta=\overline{oq}+\overline{UN}$$

et à cause de $oq'=oq$, de $q'U'=qU$, de $U'N'=UN$:

$$\overline{qU}.\sin d=\overline{oq}\,(1-\cos\varepsilon)+\overline{UN}\,(1-\cos\eta)-\overline{\Omega N}\cdot\eta\,;$$

ainsi en prenant : $oq=a$, $UN=A$, $\Omega N=H$, $qU=L$, on obtient :

$$\sin d=\frac{a}{L}(1-\cos\varepsilon)+\frac{A}{L}(1-\cos\eta)-\frac{H}{L}\cdot\eta.$$

Et en négligeant les très-petites quantités des ordres supérieurs au second, et substituant à η sa valeur en ε, on a :

$$\sin d = \frac{a\varepsilon^2}{2L} + \frac{a^2\varepsilon^2}{2AL} - \frac{aH\varepsilon}{AL} :$$

on peut même se borner à faire :

$$\sin d = \frac{a\varepsilon^2}{2L}\left(1+\frac{a}{A}\right).$$

D'après cela il est aisé de démêler la condition d'équilibre entre le contre-poids π et le poids Z_1 capable de cette nouvelle figure d'équilibre de l'appareil. En effet dans cette position variée le poids Z_1 posé en V' se transmettra aux points M' et T' de la même manière que Z s'est transmis d'abord. En T' nous aurons une force verticale Z_1' fournie par l'égalité :

$$Z_1' = Z_1 \cdot \frac{V'M_1'}{T'M_1'} = Z_1 \cdot \frac{VM}{TM};$$

et en M_1' ou en M' nous aurons une force verticale :

$$Z_1'' = Z_1 \cdot \frac{VT}{MT}.$$

Cette dernière force Z_1'' se transmettra en U' et en N' : en U' il y aura un effort vertical $Z_1'' \cdot \frac{MN}{UN}$; et en N' il y aura une force verticale $Z_1'' \frac{UM}{UN}$; l'effort en U' se décomposera en deux, l'un suivant le prolongement descendant de $q'U'$, et l'autre suivant la ligne U'N'. L'effort suivant $q'U'$ a la valeur :

$$Z_1'' \cdot \frac{MN}{UN} \cdot \frac{\cos\eta}{\cos(d-\eta)} = Z_1 \frac{VT}{MT} \cdot \frac{MN}{UN} \cdot \frac{\cos\eta}{\cos(d-\eta)}.$$

En nommant ok le bras de levier de cet effort autour du centre o, il faut qu'on ait :

$$\pi \cdot \overline{or} = Z' \cdot \overline{os} + (Z_1 - Z_1')\frac{MN}{UN} \cdot \frac{\cos\eta}{\cos(d-\eta)} \cdot \overline{ok} ;$$

ou bien à cause de $ok = oq \cdot \cos\varepsilon \cos d - oq \cdot \varepsilon d$:

$$\pi \cdot \overline{or} = Z_1 \cdot \overline{os} \cdot \frac{\cos\varepsilon \cos d \cos\eta}{\cos(d-\eta)} - Z_1 \cdot os \cdot \frac{\varepsilon d \cos\eta}{\cos(d-\eta)} + Z_1' \cdot \overline{os}$$

$$- Z_1' \cdot \overline{os} \cdot \frac{\cos\varepsilon \cos d \cos\eta}{\cos(d-\eta)} + Z_1' \cdot \overline{os} \cdot \frac{\varepsilon d \cos\eta}{\cos(d-\eta)}.$$

Mais en ne tenant compte que des très-petites quantités du premier ordre, on a à cause que d est du second ordre :

$$\frac{\cos\varepsilon\cos d\cos\gamma}{\cos(d-\gamma)} = \cos\varepsilon(1-\gamma a) = 1-\frac{\varepsilon^2}{1\cdot 2}\text{ ; d'où :}$$

$$\overline{\pi\cdot or} \text{ ou } \mathrm{Z}\cdot\overline{os} = \mathrm{Z}_1\cdot\overline{os} - \tfrac{1}{2}\mathrm{Z}_1\cdot\overline{os}\cdot\varepsilon^2 + \tfrac{1}{2}\mathrm{Z}_1'\cdot\overline{os}\cdot\varepsilon^2 :$$

partant en prenant $\mathrm{Z}_1 - \mathrm{Z} = \Delta\mathrm{Z}$:

$$\Delta\mathrm{Z} = \tfrac{1}{2}(\mathrm{Z}_1 - \mathrm{Z}_1')\varepsilon^2 = \tfrac{1}{2}\mathrm{Z}\cdot\frac{\mathrm{VT}}{\mathrm{MT}}\cdot\varepsilon^2.$$

Ainsi l'on voit que le poids additionnel $\Delta\mathrm{Z}$, capable de troubler l'équilibre de l'appareil, et d'y amener un petit dérangement ε dans le levier rq, et partant dans toutes les pièces, varie en raison du carré de l'écart ε, en raison du poids même qu'on veut peser, et dans le rapport *direct* de la distance VT, et *inverse* de la distance MT : ainsi une telle balance a d'autant plus de sensibilité, que la ligne VT est plus faible, toute autre circonstance restant la même ; il est par conséquent utile de placer le poids Z qu'on veut connaître, le plus près possible du sommet U ; et de le rapprocher d'autant plus que le corps à peser est plus lourd. De cette façon on pourrait produire dans l'appareil une sensibilité presque constante ; ce qui nous semble digne d'attention ; et il resterait à voir dès lors s'il ne pourrait être employé comme balance de précision. Il est évident aussi qu'on doit rendre la distance MT la plus grande possible, puisque $\Delta\mathrm{Z}$ est en raison renversée de cette ligne ; il en est à-peu-près de même des longueurs $q\mathrm{U}$, $s\mathrm{T}$, $1-$; car les angles d, γ, doivent rester de très-petites quantités.

Quant à la balance à bascule, employée dans la police du roulage, la théorie en est assez simple et assez bien connue pour que l'on ne ne s'y arrête pas ici. On en peut voir la description dans la mécanique du capitaine Kater et de Lardner, petit ouvrage intéressant traduit de l'anglais, par A. Cournot.

De la roulette à axe mobile, ou roue de voiture. — Théorie mécanique des voitures.

§ 19. Dans le cas d'une roulette (fig. 16 et 17) à axe mobile, telle qu'une roue de voiture, la charge pèse sur l'essieu qui est

lui-même supporté par la boîte de roue, et la puissance est appliquée directement à l'essieu qui se transporte, sans pouvoir tourner, ni rouler sur la boîte de roue, parallèlement au sol de niveau, en même temps que la roue tourne sur elle-même. Le mouvement qui en résulte, est pour la roue, cycloïdale. Soit P la charge que doit supporter l'essieu, p le poids de la roue qui s'appuie sur le sol, F la force de traction horizontale, capable d'équilibrer les résistances, R le rayon de la roue; r le rayon de la boîte; m le point de contact de la roue et de la boîte avec l'essieu; C leur centre, O celui de l'essieu; f le coëfficient du frottement en m; N la résultante des forces F et P; α l'angle de la ligne d'action de N avec la droite Cm; α' l'angle de Cm avec la verticale du centre C.

Il peut se présenter différents cas : ou la force de traction requise pour le mouvement utile est moindre que la force $f\cdot P$, requise pour vaincre le frottement de glissement de l'essieu sur la boîte de roue; ou bien elle est plus grande : raisonnons d'abord pour ce dernier cas qui s'suppose $F>fP$, la quantité F étant encore inconnue, quoique définie d'après ce qui précède. Il est manifeste dans l'hypothèse de $F>fP$, que la force de traction horizontale F, avant que de produire le mouvement général de translation, fera glisser l'essieu en avant, sur la boîte de roue, comme sur une suite de plans légèrement inclinés à l'horizon, et jusqu'en un point m pour lequel l'on aura $\text{tang}\,\alpha=f$, car cet essieu ne saurait que glisser, mais pas tourner autour de m. La considération du plan incliné au point m sur lequel pose l'essieu avec la charge P appliquée à son centre et soumis à la force F donnera :

$$F\cdot\cos\alpha'-P\cdot\sin\alpha'=f(P.\cos\alpha'+F\cdot\sin\alpha');$$

d'où : $$\text{tang}\,\alpha'=(F-fP):(P+fF)=\left(\frac{F}{P}-f\right):\left(1+f\frac{F}{P}\right)\ldots(1).$$

D'après cela on pourrait prendre approximativement :

$$\text{tang}\,\alpha'=\frac{F}{P}-f.$$

De plus, l'une et l'autre de ces valeurs de $\text{tang}\,\alpha'$ nous montre que pour avoir α' positif, partant l'arête de contact en avant, il faut satisfaire à l'inégalité $F<fP$; que pour $F=f\cdot P$ cette arête sera au point le plus bas; et que pour $F<f\cdot P$, elle est en arrière, puisqu'alors α' prend une valeur négative. D'ailleurs les deux forces

F et P étant censées rectangulaires, on aura pour l'angle de N avec la verticale, c'est-à-dire pour $\alpha+\alpha'$:

$$\text{tang}\,(\alpha+\alpha')=\text{F}:\text{P}. \quad \ldots \quad (2)$$

Si l'on développe le premier membre, et que l'on substitue dans ce développement la valeur de $\text{tang}\,\alpha=\text{f}$, on retrouve pour α' sa valeur de l'équation (I); ainsi l'équation (2) devient superflue, si l'on a égard à la valeur de $\text{tang}\,\alpha=\text{f}$, et que l'on admette l'égalité (I). Ceci posé, les forces F,P exerceront suivant la ligne C*m* une pression normale $\text{N}\cos\alpha$ à laquelle sera dû un frottement $\text{fN}\cos\alpha$: nommant donc A le coëfficient du frottement de roulement, dans l'hypothèse de Coulomb, et désignant par E la force d'adhérence des roues avec le sol, on obtient par le principe des moments virtuels effectifs :

$$\text{FR}\cdot d\lambda=\text{fN}\cos\alpha\cdot r\cdot d\lambda+\frac{\text{A}}{\text{R}}(\text{P}+p)\text{R}d\lambda+\text{ER}\,d\lambda;$$

$d\lambda$ marque la rotation instantanée de la roue sur elle-même, partant aussi (§ 2) celle autour de son point de contact avec le sol. Si donc l'on observe qu'il faut éliminer non pas N, mais $\text{N}\cos\alpha$, et que l'on a :

$$\text{N}\cos\alpha=\text{P}\cos\alpha'+\text{F}\sin\alpha', \text{ il viendra :}$$

$$\text{F}=\text{fP}\cos\alpha'\cdot\frac{r}{\text{R}}+\frac{\text{A}}{\text{R}}(\text{P}+p)+\text{E}+\text{fF}\sin\alpha'\cdot\frac{r}{\text{R}}. \quad \ldots \quad (3)$$

Si l'on substitue dans cette dernière la valeur de α' déduite (I), et qu'on la résolve par rapport à F, on obtient l'inconnue fondamentale F de la question.

Il est vrai que l'équation qui en résulterait n'est pas linéaire en F; mais elle est l'équivalent d'un résultat linéaire, quand on veut se borner aux approximations, poussées d'ailleurs aussi loin qu'on voudra; ainsi ici encore toute transformation analytique spéciale devient inutile. Dans une première approximation on pourra faire $\cos\alpha'=1$, $\sin\alpha'=0$, ce qui donne pour F une valeur approchée F' :

$$\text{F}'=\text{fP}\frac{r}{\text{R}}+\frac{\text{A}}{\text{R}}(\text{P}+p)+\text{E},$$

et en nommant α_1' la valeur correspondante de α' :

$$\text{tang}\,\alpha_1'=\frac{\text{F}'}{\text{P}}-\text{f}=\text{f}\frac{r}{\text{R}}+\frac{\text{A}}{\text{R}}\cdot\frac{\text{P}+p}{\text{P}}+\frac{\text{E}}{\text{P}}-\text{f}.$$

S'il fallait une seconde valeur F″ de F, plus exacte que F′, on remplacerait dans (5) $\cos\alpha'$ par $\cos\alpha'_1$, et l'on aurait :

$$F''=f\frac{r}{R}\cdot P\cos\alpha'_1+\frac{A}{R}(P+p)+E+f\frac{r}{R}\cdot F'\sin\alpha'_1.$$

etc., etc., etc.

Remarque I. Pour parvenir plus aisément à l'équation (5), le lecteur fera bien de se construire une figure à part, à grandes dimensions, et dans laquelle les très-petites quantités aient des proportions en quelque sorte exagérées. C'est par cette voie que nous avons réussi à traiter ce genre de questions d'une manière complète, et à résoudre quelques difficultés assez considérables.

Remarque II. En nommant f_1 le coëfficient du frottement de glissement de la roue sur le sol uni et de niveau, on peut démontrer que le système doit rouler sous un effort de traction suffisant, toutes les fois qu'on a l'inéquation suivante approchée et due à M. Poncelet :

$$\frac{A}{R}(P+p)+fP\frac{r}{R}+E<f_1(P+p). \quad \ldots \quad (K)$$

Mais si cette inégalité subsiste en sens contraire, le système doit glisser d'une seule pièce, sur le sol. Ce dernier cas arrivera d'autant plus vite, que les roues sont plus basses, mal graissées, et que le sol est plus uni et plus glissant ; et ce résultat se trouve confirmé aussi par l'expérience.

Mais comme on conçoit quelquefois assez difficilement ce résultat de la théorie, du moins à en juger d'après notre expérience de l'enseignement, quelques explications plus détaillées ne seront pas superflues. Je suppose que la 1re inéquation (K) soit satisfaite; je dis que le mouvement utile s'effectuera par le roulement des roues sur le sol. En effet, en appliquant à l'essieu une force de traction horizontale et variable φ que l'on fera croître depuis $\varphi=0$ jusqu'à

$$\varphi=fP\cdot\frac{r}{R}+\frac{A}{R}(P+p)+E,$$

et même au-delà, on finira par produire le roulement, sans avoir eu besoin de déployer un degré de force égal à celui $f_1(P+p)$ qui est requis pour produire le glissement des roues sur le sol. Mais si l'inéquation (K) subsiste en sens contraire, ce qui arrive dans

les circonstances mentionnées ci-dessus, la force de traction variable φ devra passer par la nuance d'intensité $f_1(P+p)$, avant que d'atteindre à celle qui est requise pour le roulement ; donc le mouvement de glissement naîtra à partir du repos, avant l'autre. C.Q.F.D.

Remarque III. Comme pour le cas des voitures proprement dites, l'essieu ne peut ni tourner ni rouler sur la boîte de roue, il y aurait erreur à prendre les moments des forces autour du point de contact m de l'essieu avec la boîte, et erreur par conséquent à admettre que leur résultante passe par ce point. Mais pour le cas des charrettes ou voitures à deux roues l'essieu pouvant tourner et rouler sur la boîte de roue, il faut prendre les moments des forces par rapport au point de contact de cet essieu.

§ 20. Supposons maintenant que la roue, toujours censée chargée d'un poids donné P, vienne rencontrer un obstacle fixe, d'une hauteur h, et placé sur le sol de niveau ; il faut trouver la force capable de faire franchir l'obstacle à la roue. Quand celle-ci (fig. 16) frappe l'obstacle au point b, le frottement de roulement en T cesse ; une partie de la force vive du système est détruite ; l'extrémité b de l'obstacle devient un centre de rotation, et autour duquel la roue tournera, son centre C décrivant un petit arc de cercle concentrique au sommet b ; en remarquant que l'essieu et la boîte de roue ont un mouvement de glissement $rd\lambda$, pendant que la roue tourne sur b d'un arc $d\lambda$, on déduit ici du principe général l'équation suivante dans laquelle φ dénote la force de traction requise :

$$\varphi(R-h)d\lambda = fPrd\lambda + (P+p)\cdot\overline{aT}\cdot d\lambda ;$$

et à cause de $\overline{aT} = \overline{bD} = \sqrt{h(2R-h)}$, on obtient pour φ la valeur presque rigoureuse :

$$\varphi = fP\frac{r}{R-h} + (P+p)\frac{\sqrt{(2R-h)h}}{R-h},$$

et si h est très-petit par rapport à R, on a assez exactement :

$$\varphi = fP\frac{r}{R} + (P+p)\sqrt{\frac{2h}{R}}.$$

Si l'on considérait la résistance au roulement des voitures sur de certaines routes, comme uniquement due à une succession non

interrompue d'aspérités saillantes, on serait conduit à faire le coëfficient A, d'après ce qui précède, égal à $\sqrt{2Rh_1}$, h_1 marquant la moyenne hauteur de ces obstacles; et de cette manière la quantité $A.\frac{P+p}{R}$ de Coulomb deviendrait $(P+p)\frac{\sqrt{2h_1}}{\sqrt{R}}$; et la résistance dont il s'agit, serait ainsi inversement proportionnelle à la racine carrée du rayon de la roue; ce qui est conforme aux observations faites par M. Dupuis. Pour concilier celles-ci avec celles de Coulomb, il faut admettre, ce qui est d'ailleurs assez évident, que la loi du frottement de roulement change avec la nature du sol et l'espèce de route. (Nous discuterons cette question plus tard d'une manière détaillée et séparément).

§ 21. *Voitures à deux roues.* La figure 17 représente la projection d'un tel système sur un plan vertical passant à angle droit au milieu de l'axe des deux roues :

MQ marque en direction et en position la ligne d'action du moteur;

M est le point d'attache des traits aux limons;

N est le point d'attache de la dossière aux limons;

G est le centre de gravité du poids total, moins celui des deux roues;

O est le centre de la boite de roue;

C est la position du centre de l'essieu dans le mouvement régulier;

OM' est la verticale du point O;

m le point le plus bas de la boite de roue;

m' le point de contact de l'essieu avec la boite pendant le mouvement.

Le point m' pourra se confondre avec m :

(a,b) les coordonnées horizontales et verticales du point G par rapport au point (O), censé donné de position;

P le poids de la charge et du système entier, moins celui des roues;

p le poids des roues;

$om = r$ le rayon de la boite;

$Cm = \rho$ le rayon moyen de l'essieu;

$OT = R$ le rayon de la roue;

$MM' = a'$, $OM' = b'$ les coordonnées du point M;

S la résultante des forces Q,P,$-\pi$,

π marque la pression soufferte par le moteur sur la dossière;

$\overline{m'n}$ le prolongement de OCm';

$\overset{\Delta}{Sm'n} = \alpha$ l'angle de S avec $m'n$;

$\overset{\Delta}{Sm'V} = \beta$ l'angle de la résultante avec la verticale;

$\overline{NM'} = l$ la distance du point N à la ligne OM';

d la perpendiculaire abaissée de O sur la ligne de traction $\overline{QM}$;

$\overset{\Delta}{QMN} = \varphi$ l'angle de QM avec l'horizon.

Les quantités inconnues sont Q, α, β, π; mais ici encore on trouve immédiatement :

$$\text{tang}\,\alpha = f,\ \sin\alpha = f : \sqrt{1+f^2},\ \cos\alpha = 1 : \sqrt{1+f^2};$$

ainsi il n'y a au fond que les trois inconnues Q, β, π.

Puisque l'on doit supposer qu'il ne survienne pas de changement brusque, le point m' sera un point de contact permanent; et comme d'un autre côté le moteur doit exercer en N un effort $-\pi$, il faut qu'autour du point m' la somme des moments des forces Q,P,$-\pi$ soit nulle, ce qui donne la condition suivante, laquelle exprime aussi que la résultante S passe par le point m'. Pour fixer les idées, supposons que la résultante S passe en m' entre la verticale $\overline{m'V}$ et la normale $\overline{om'}$, de sorte que l'on aura $\overset{\Delta}{Vm'n} = \alpha+\beta$, et cela donne pour la petite perpendiculaire tirée de m' sur M'O la valeur $r.\sin(\alpha+\beta)$; partant l'équation aux moments :

$$\pi(l - r\sin(\alpha+\beta)) = P(a - r\sin(\alpha+\beta)) + Qd + Qr\cos(\overline{\alpha+\beta} - \varphi) \ldots \text{(I)}$$

Si elle passait à la droite de $\overline{om'}$, on aurait $\overset{\Delta}{Vm,n} = \beta - \alpha$.

Mais puisque les forces P, Q, $-\pi$ se font équilibre autour du point m', par le moyen d'une partie rigide du système, elles y occasionnent une pression donnée par l'équation :

$$S^2 = (P - \pi - Q\sin\varphi)^2 + Q^2\cos^2\varphi.$$

Et en observant que $Q\cos\varphi$ est rectangle avec l'autre force $P - \pi - Q\sin\varphi$, on obtient :

$$\text{tang}\,\beta = Q\cos\varphi : (P - \pi - Q\sin\varphi). \ \ldots \ \text{(II)}$$

Si l'on remarque encore que le point de contact de la roue avec le sol doit supporter une pression verticale $p + P - \pi - Q\sin\varphi$, on obtient par le principe général :

$$Q\cos\varphi = f\frac{r}{R}[(P-\pi-Q\sin\varphi)\cos(\alpha-\beta)+Q\cos\varphi\sin(\alpha-\beta)]$$

$$+\frac{A}{R}(P+p-\pi-Q\sin\varphi)+E \ldots \text{(III)}$$

Les équations (I, II, III) donnent la solution théorique complète de la question. En traitant d'abord la dernière par voie d'approximation, on en tire, eu égard à la 1re :

$$Q\cos\varphi = fP\frac{r}{R}\frac{l-a}{l}+E+\frac{A}{R}(p+P\frac{l-a}{l}). \ldots \text{(A)}$$

L'égalité (II) donne ensuite :

$$\operatorname{tang}\beta = f\frac{r}{R}+\frac{E}{P}+\frac{A}{R}(\frac{l-a}{l}+\frac{p}{P}) \ldots$$

En prenant d'abord $\cos(\alpha+\beta)=1, \sin(\alpha+\beta)=0, \sin(\alpha+\beta-\varphi=0)$, on obtient pour π la valeur approchée :

$$\pi' = P\frac{a}{l}+Q\frac{r+d}{l}.$$

Quand la force de traction requise pour l'entretien du mouvement uniforme ou permanent, est moindre que la quantité fP, l'essieu ne saurait glisser sur la boîte de roue, avant qu'il n'y ait roulement; et dès-lors le point de contact sera ou en arrière de la verticale du point le plus bas, ou coïncidera avec ce dernier point. La condition relative à ce cas est :

$$Q(\cos\varphi+f\sin\varphi)<f\cdot P.$$

On aura exactement ou par approximation $\alpha-\beta=0$; l'équation (II) reste évidente et (I) se réduit à $\pi\cdot l = Pa+Q(d+r\cos\varphi)$. .. (I'), l'équation (III) se transforme en cette autre :

$$QR\cos\varphi = f(P-\pi-Q\sin\varphi)+ER+A(P+p-\pi-Q\sin\varphi) \ldots \text{(III')}$$

Comme cette équation est ou rigoureuse ou très-approchée, il est permis de l'admettre pour tous les cas. En y prenant d'abord $\pi = P\cdot a:l$, et la résolvant par rapport à Q, on en tire :

$$Q(R\cos\varphi+fr\sin\varphi+A\sin\varphi) = fP\frac{l-a}{l}r+ER+$$

$$A(p+P\frac{l-a}{l}). \ldots \text{(B)}$$

Si donc on considère la force de traction Q comme une fonction de l'angle de traction φ, on trouvera aisément par son moyen l'an-

gle φ_1 de la moindre traction ; on est ainsi conduit à la relation :

$$-R\sin\varphi_1+(fr+A)\cos\varphi_1=0,\ \text{d'où}\ \operatorname{tang}\varphi_1=\frac{A}{R}+f\frac{r}{R}.$$

Ce qui est un résultat très-différent de celui qui a été donné par de certains auteurs qui se sont occupés de cette question, et ont cherché à la résoudre, en admettant cette méthode absolue d'appliquer les lois d'équilibre, que nous avons déjà réfutée par d'autres exemples. Substituant à la place de φ l'angle φ_1 dans l'équation (B), mise d'abord sous la forme

$$QR\cdot\cos\varphi_1(1+\frac{A+fr}{R}\operatorname{tang}\varphi_1)=fP\frac{r}{R}\frac{l-a}{l}+\frac{A}{R}(p+P\frac{l-a}{l})+E;$$

et observant que par la valeur de $\operatorname{tang}\varphi_1$, le 1^er^ membre de celle-ci se réduit à $QR\frac{1}{\cos\varphi_1}$, on obtient Q, marquant la moindre traction :

$$Q_1=f\frac{r}{R}P\cos\varphi_1\frac{l-a}{l}+\frac{A}{R}(p+P.\frac{l-a}{l})\cos\varphi_1+E\cos\varphi_1.$$

Si l'on avait pris pour π la valeur plus approchée $\pi=P\frac{a}{l}+Q.\frac{d+r\cos\varphi}{l}$ on aurait obtenu pour φ_1 la valeur :

$$\operatorname{tang}\varphi_1=(\frac{fr+A}{R}):(1+\frac{r}{l}\frac{fr+A}{R}),$$

ce qui donnerait pour l'arc φ_1 même :

$$\varphi_1=\frac{fr+A}{R}-\frac{r}{l}(\frac{fr+A}{R})^2.$$

§ 22. En supposant connue au lecteur la description des voitures à quatre roues, nous pouvons également résoudre, à l'aide de ce qui précède, la question qui s'y rapporte. Nommons :

P le poids de la charge et du système, moins celui des quatre roues ;

a la distance horizontale du centre de gravité à l'axe de l'avant-train.

a' la distance de ce même centre à l'arrière-train ;

$b=a+a'$, la somme de ces deux distances, ou la distance entre les deux essieux ;

p' le poids des roues de derrière ;
R'', r'' leur rayon et celui de leur boîte ;
p le poids des roues de l'avant-train ;
R', r' leur rayon et celui de leur boîte ;
Q' l'effort nécessaire pour mouvoir l'avant-train ;
Q'' l'effort requis pour mouvoir l'autre train ;
φ' l'angle sous lequel agit la force Q';
$-\varphi''$ celui sous lequel se transmet l'effort Q'' exercé par l'avant-train sur l'autre.

Si l'on remarque que dans le cas actuel il n'y a plus de dossière, attendu que le centre de gravité reste toujours en projection horizontale, compris entre les deux essieux, on aura la force Q' par l'égalité :

$$Q'R'\cos\varphi' = f(P' - Q'\sin\varphi')\, r' + A\,(p' + P' - Q'\sin\varphi') + E\cdot R'$$

et pour Q_1'' on obtient l'équation :

$$Q''R''\cos\varphi'' = f(P'' - Q''\sin\varphi'')\, r'' + A\,(p'' + P'' + Q''\sin\varphi'') + E\cdot R''.$$

P', P'' marquent les forces qui pèsent verticalement sur les essieux de chaque train; on a donc :

$$P' = P\frac{a'}{b},\quad P'' = P\frac{a}{b}.$$

Il s'en suit de là par substitution et par réduction :

$$Q' = \left[\left(\frac{fr' + A}{R'}\right)\frac{a'}{b}P + \frac{A}{R'}p' + E\right] : \left(\cos\varphi' + \sin\varphi'\cdot\frac{fr' + A}{R'}\right),$$

$$Q'' = \left(\frac{fr'' + A}{R''}\,\frac{a}{b}P + \frac{A}{R''}p'' + E\right) : \left(\cos\varphi'' - \sin\varphi''\frac{fr'' + A}{R''}\right),$$

ou en prenant approximativement $\sin\varphi'' = o$:

$$Q'' = P\frac{a}{b}\,\frac{A + fr''}{R''} + \frac{A}{R''}p'' + E.$$

Si donc Q exprime l'effort total requis pour le mouvement, on a :

$$Q\cos\varphi' = Q'\cos\varphi' + Q'' : \ldots \text{(D)}$$

mais en prenant, eu égard à l'égalité qui donne Q' :

$P\frac{a'}{b}\frac{A+fr'}{R'}+\frac{A}{R'}p'+E=M'$, pour abréger, on obtient approximativement : $Q'\cos\varphi'=M'$: de plus pour que le système marche avec le plus d'ensemble, il faut évidemment rendre égales les forces horizontales, nécessaires pour mouvoir les deux trains à la fois ; donc il faut poser la condition :

$$P\frac{a'}{b}\frac{A+fr'}{R'}+\frac{A}{R'}p'=P\frac{a}{b}\frac{A+fr''}{R''}+\frac{A}{R''}\cdot p''\ldots\ (E)\ ;$$

ce qui donne à très-peu-près :

$$P\frac{a'}{b}:P\frac{a}{b}=R':R''\ ;$$

ainsi la charge entière doit être répartie d'après la condition qu'elle exerce sur les deux essieux des pressions proportionnelles aux rayons des roues ; c'est à quoi l'expérience a déjà conduit aussi. Cela posé on a en vertu de (E) :

$$Q\cos\varphi'=Q'\cos\varphi'+M'\ldots.\ (F).$$

Mais la valeur de Q' obtenue plus haut donnera :

$$Q'\cos\varphi'=\frac{M'\cos\varphi'}{\cos\varphi'+\sin\varphi'\left(\frac{A+fr'}{R'}\right)}=\frac{M'}{1+\mu'\operatorname{tang}\varphi'},$$

$$\text{pour}\ \frac{A+fr'}{R'}=\mu'.$$

Substituant cette valeur de $Q'\cos\varphi'$ dans (F), on obtient :

$$Q\cos\varphi'=M'\left(\frac{2+\mu'\operatorname{tang}\varphi'}{1+\mu'\operatorname{tang}\varphi'}\right)\ldots\ (G).$$

La condition de l'angle φ'' de la moindre traction, donne par le moyen de cette égalité :

$$Q\sin\varphi'=\frac{M'.\mu'}{\cos^2\varphi'}:(1+\mu'\operatorname{tang}\varphi')^2\ ;$$

divisant celle-ci et l'équation (G) membre à membre, on obtient :

$$\operatorname{tang}\varphi'=\mu':\cos^2\varphi'\,(1+\mu'\operatorname{tang}\varphi')\,(2+\mu'\operatorname{tang}\varphi'.$$

Si l'on néglige d'abord $\mu'\operatorname{tang}\varphi'$ par rapport à l'unité, on obtient la valeur approchée :

$$\varphi_1'=\tfrac{1}{2}\mu'=\tfrac{1}{2}\left(\frac{A+fr'}{R'}\right).$$

pour obtenir une nouvelle approximation, on peut faire maintenant $1+\mu' \operatorname{tang}\varphi' = 1+\frac{1}{2}\mu'^2$, d'où :

$$\operatorname{tang}\varphi_2' = 4\mu'(1+\tfrac{1}{4}\mu'^2) : (2+\mu'^2)(4+\mu'^2).$$

Mais cette solution suppose la loi de distribution de la charge en raison des rayons; n'admettons plus cette loi, ni l'équation (E), et faisons pour abréger :

$$\frac{A+fr''}{R''}\,\frac{a}{b}\,P+\frac{A}{R''}p''+E=M'' :$$

on obtient pour la valeur de $Q\cos\varphi'$:

$$Q\cos\varphi' = \frac{M'}{1+\mu'\operatorname{tang}\varphi'} + M'' \ldots \text{(II)}.$$

La condition du minimum donnera :

$$Q\cdot\sin\varphi' = M'\cdot\frac{\mu'}{\cos^2\varphi'} : (1+\mu'\operatorname{tang}\varphi')^2 ;$$

ce qui produit, en opérant comme dans le 1^er^ cas :

$$\operatorname{tang}\varphi' = \frac{M'}{M'+M''(1+\mu'\operatorname{tang}\varphi')}\cdot\frac{\mu'}{\cos^2\varphi'(1+\mu'\operatorname{tang}\varphi_1')}$$

en prenant d'abord $1+\mu'\operatorname{tang}\varphi' = 1$, on en tire :

$$\frac{\sin\varphi'}{\cos\varphi'} = \frac{M'}{M'+M''}\cdot\frac{\mu'}{\cos^2\varphi'}, \text{ ou } \sin 2\varphi' = \frac{2M'}{M'+M''}\cdot\mu'$$

Si l'on fait dans celle-ci $M''=M'$, on retrouve la valeur approchée, déjà obtenue plus haut. En y remettant pour M', M'', leurs valeurs, sans les supposer égales, on obtient :

$$\varphi_1' = [\,(\frac{fr'+A}{R'}P'+\frac{A}{R'}p'+E)\frac{fr'+A}{R'}\,]$$
$$: [\,\frac{fr'+A}{R'}P' + \frac{fr''+A}{R''}P'' + A\,(\frac{P'}{R'}+\frac{P''}{R''})+2E].$$

§ 23. *Examen d'un cas spécial :* (fig. 18 et 19). La question que nous nous proposons de résoudre maintenant est celle-ci : Si l'on applique à l'essieu (o) d'une roue de voiture chargée une force de traction horizontale $F = A(\frac{P+p}{R}) + f\cdot P\cdot\frac{r}{R}+E$ ou supérieure à cette quantité, on produit le roulement de la roue et la translation de l'axe suivant la direction horizontale.

Si l'on applique à l'essieu (*o*) une force φ moindre que F, ce mouvement n'aura pas lieu. Mais si l'on prend à la fois :

$$\varphi > A\left(\frac{P+p}{R}\right)+E \text{ et } < A\frac{P+p}{R}+E+fP\frac{r}{R},$$

on n'est plus en droit d'admettre que tout mouvement quelconque soit impossible, à moins que de prouver ensuite que le roulement en T et le glisement total de la boîte sous l'essieu sont solidaires, et qu'ils ne sauraient avoir lieu l'un sans l'autre : or cette preuve nous paraît impossible ; car si la force φ est seulement capable de vaincre le frottement de roulement en T, et la résistance du roulement de la boîte sur l'essieu en *m*, sans que cette force atteigne toutefois la limite F, la roue roulera sur le sol un tant soit peu, de T en T′ par exemple ; son centre se transportera en C′, et sa boîte roulera autour de la partie inférieure de l'essieu, à gauche du point *m*, si l'effort φ tend de gauche à droite : le centre (*o*) de l'essieu pourra se déplacer de deux manières différentes : supposons d'abord qu'il reste sur la verticale initiale, et qu'il s'y élève d'une très-petite quantité, correspondante au très-petit arc déroulé TT′.

Pour avoir le nouveau point de contact *m′* de la boîte avec l'essieu, et la position (*o′*) de (*o*), sur la verticale $\overline{ToC}$, on remarquera que C′*o′*, distance des centres, doit encore valoir la distance primitive C*o*=*r*—ρ : ainsi le point d'intersection de la verticale avec l'arc décrit de C′, et d'un rayon *r*—ρ donnera la nouvelle position (*o′*) du centre (*o*) ; car les deux cercles doivent rester tangents entr'eux. Si l'on tire ensuite la droite C′*o′*, prolongée jusqu'à la rencontre *m′* avec le cercle de la boîte de roue (C′) on aura

$$\overline{o'm'}=\overline{C'm'}-\overline{o'C'}=r-(r-\rho)=\rho.$$

Ainsi en décrivant du centre (*o′*) le cercle *o′m′*, on obtient la position de l'essieu, correspondante à celle (C′) de la boîte. Pour avoir ensuite l'élévation *oo′*, on remarquera qu'on a :

$$oo'=\overline{Co}-\overline{Co'}=r-\rho-\sqrt{(r-\rho)^2-(CC')^2}.$$

Supposons que la roue ait tourné sur son centre mobile d'un très-petit angle λ, on aura $\overline{TT'}=\overline{CC'}=Rd\lambda$; le rayon $\overline{CmT}$ de la boîte qui d'abord était vertical, aura tourné du même angle ; et quand le centre sera parvenu en C′, ce rayon aura pris la position rétro-

grade C'T, et fera avec la verticale T'C' l'angle $TC'T' = T'\hat{C}T = \lambda$; car il est permis de confondre l'arc déroulé $\overline{TT'}$ avec sa tangente au point T'. Si l'on désigne par p le point d'intersection de C'T avec la circonférence en (C'), le point de cette circonférence qui d'abord se trouvait au contact m sera en p; et il aura par conséquent reculé en arrière de la nouvelle verticale C'T' d'une quantité $\overline{np} = r\cdot\lambda$; mais le point de contact de l'essieu avec la boîte de roue se trouvant forcément en m', on voit que la boîte a dû glisser sur l'essieu d'un arc relatif $\overline{pm'} = \overline{nm'} - \overline{np}$; mais l'angle

$$\overset{\wedge}{m'o'x} \text{ ou } \overset{\wedge}{m'o'm} = \overset{\wedge}{o'} = \overset{\wedge}{m'C'n} = \lambda + \overset{\wedge}{m'C'p};$$

si donc on pose $\overset{\wedge}{m'C'p} = \psi$, on a $\psi + \lambda = o'$ et $\overline{CC'} = R\cdot\lambda$. Le triangle $Co'C'$ donnera :

$$\sin o' = \frac{R\cdot\lambda}{r-\rho}, \quad \cos o' = \sqrt{(r-\rho)^2 - R^2\lambda^2} : (r-\rho).$$

D'où : $\sin(\psi+\lambda) = \dfrac{R\lambda}{r-\rho}$, $\cos(\psi+\lambda) = \sqrt{(r-\rho)^2 - R^2\lambda^2} : (r-\rho)$.

$$d\cdot\psi = \frac{R}{r-\rho}\cdot\frac{d\lambda}{\cos(\psi+\lambda)} - d\lambda = \frac{R - \sqrt{(r-\rho)^2 - R^2\lambda^2}}{\sqrt{(r-\rho)^2 - R^2\lambda^2}}\,d\lambda.$$

Ainsi la boîte doit glisser sur l'essieu d'un chemin $R\psi$, correspondant à l'angle $R\lambda$, et d'un chemin $Rd\varphi$ correspondant à l'arc $Rd\lambda$ pendant un instant infiniment petit quelconque de ce très-petit mouvement fini. En nommant φ la force de traction horizontale capable de ce mouvement singulier instantané, et remarquant que cette force doit vaincre le frottement de glissement de la boîte sous l'essieu en arrière de m', et qu'en outre elle doit soulever la charge d'un chemin $d.oo' = R^2\lambda d\lambda : \sqrt{(r-\rho)^2 - R^2\lambda^2}$, on a par le principe général :

$$\varphi = \frac{A}{R}(P+p) + f'P\,\frac{R - \sqrt{(r-\rho)^2 - R^2\lambda^2}}{R\sqrt{(r-\rho)^2 - R^2\lambda^2}}\,r + P\,\frac{R\cdot\lambda}{\sqrt{(r-\rho)^2 - R^2\lambda^2}}.$$

Il importe de faire observer que la quantité f' n'est pas un nombre constant, mais qu'il est égal au produit du coëfficient f du frottement entre la boîte et l'essieu, multiplié par le cosinus de l'angle de l'élément circulaire en m' avec l'horizon, ce qui donne :

$$f' = f\cos\omega' = f\frac{\sqrt{(r-\rho)^2 - R^2\lambda^2}}{r-\rho}\text{ ; partant :}$$

$$\varphi = A\frac{P+p}{R} + fP\frac{r}{R}\frac{R-\sqrt{(r-\rho)^2-R^2\lambda^2}}{r-\rho} + P\frac{R\lambda}{\sqrt{(r-\rho)^2-R^2\lambda^2}}:$$

Pour provoquer la tendance au mouvement singulier à partir de la position initiale m pour laquelle on a $\lambda = o$, il faudra par conséquent un degré de force φ_1 donné par l'équation :

$$\varphi_1 = \frac{A}{R}(P+p) + fP\frac{r}{R}\frac{R-(r-\rho)}{r-\rho}.$$

Et comme cette force doit être moindre que la force F, il faut, pour que le mouvement singulier soit possible, que l'on ait $\varphi_1 < F$, ce qui donne :

$$R < 2(r-\rho).$$

Ainsi, afin que le roulement de la roue sur le sol dans une très-petite étendue soit possible, sans que l'axe de l'essieu, s'élevant d'ailleurs d'une quantité peu sensible suivant la verticale, se transporte suivant l'horizontale, il est nécessaire que le rayon de la roue soit moindre que la double distance des centres de la boîte de roue et de l'essieu ; et cette condition n'arrive jamais pour le cas des voitures où R est toujours fort considérable par rapport à r et f, partant supérieur à $2(r-\rho)$.

Mais la question est maintenant de savoir s'il n'y a pas d'autre mouvement singulier initial possible, et si le mouvement utile qui doit succéder ensuite n'est pas lui-même possible sous l'action d'une force moindre que la force F, et même moindre que le frottement $f\cdot P$. Or par la construction de la fig. 19, nous voyons bien que dans l'intervalle où la roue roule de T en T', il pourrait fort bien arriver qu'à partir du repos le centre (o) se transportât en (o_1') sur la ligne C'p définie plus haut ; et que pour produire un tel mouvement initial, il suffirait de vaincre les frottements de roulement sur le sol, et de la boîte de roue sous l'essieu, de droite à gauche ou de n en p. Si donc on suppose un angle de roulement très-petit λ, et que l'on observe que dès-lors la charge P et le centre (o) s'élèvent virtuellement d'une quantité : $(r-\rho)\sin\lambda\cdot d\lambda$, on obtient par le principe général :

$$\varphi R\,d\lambda = \frac{A}{R}(P+p)\,R\,d\lambda + ER\,d\lambda + \frac{A'}{r}N\cos\alpha\cdot r d\lambda + P(r-\rho)\sin\lambda d\lambda ;$$

A' désigne le coëfficient de roulement de la boite de roue sous l'essieu : mais la composante normale $N\cos\alpha = P\cos\lambda - \varphi\sin\lambda$; ce qui donne :

$$\varphi\left(1+\frac{A'}{r}\cdot\frac{r}{R}\sin\lambda\right) = E + \frac{A}{R}(P+p+\frac{A'}{R}P\cos\lambda + P(r-\rho)\sin\lambda \ldots (A)',$$

et approximativement :

$$\varphi = \varphi' = E + \frac{A}{R}(P+p) + \frac{A'}{R}P \ldots (A').$$

Ensuite la limite supérieure de l'angle λ au-delà de laquelle l'essieu ne saurait s'élever sur la boite de roue sera donnée par l'équation :

$$P\sin\lambda + \varphi\cos\lambda = fP\cos\lambda - f\varphi\sin\lambda ;$$

$$\text{d'où } \operatorname{tang}\lambda = \left(f-\frac{\varphi}{P}\right):\left(1+f\frac{\varphi}{p}\right) \ldots (B);$$

laquelle indique aussi, ce que d'abord nous avions admis comme évident, à savoir que l'on doit avoir $\varphi < fP$, pour que l'arête de contact puisse être en arrière, ce qui exige que l'on ait, eu égard à la valeur au moins approchée de φ :

$$E + \frac{A}{R}(P+p) + \frac{A'}{R}P < fP ; \ldots (C)$$

inéquation qui peut être satisfaite et avoir lieu pour toute espèce de sol fort uni, offrant une adhérence E presque nulle, et des résistances au roulement fort faibles.

Mais comme l'inéquation en sens contraire est admissible pour d'autres cas, il serait parfaitement inexact d'affirmer que l'arête de contact soit toujours en arrière, ou en avant de la verticale du point le plus bas de la boite de roue. D'ailleurs les valeurs de $\operatorname{tang}\lambda$, $\operatorname{tang}\alpha'$ que nous avons données dans ce paragraphe, et dans le § 19, démontrent suffisamment que trois cas sont possibles, et les inégalités établies font voir assez dans quelles circonstances l'un de ces cas arrive de préférence aux deux autres.

En reprenant après cela l'hypothèse de l'inéquation (C), on doit remarquer que la force φ calculée par (A) ou par (A') est seulement cette force spéciale, capable de produire le mouvement initial et jusqu'à un angle de roulement λ donné par (B). Pour faire succéder ensuite le vrai mouvement utile, il faudra désormais une force ψ capable de vaincre le frottement de roulement sur le sol, celui du glissement entre l'essieu et la boîte de roue, et l'adhérence E.

Cette force doit par conséquent être évaluée d'après l'équation :

$$\psi = \mathrm{E} + \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{R}}(\mathrm{P}+p) + f\frac{r}{\mathrm{R}}\mathrm{N}\cos\alpha \quad \ldots \quad (\mathrm{D}).$$

En effet pendant le mouvement de transport utile, l'arête de contact restera permanente, et c'est par conséquent le frottement $f\cdot\mathrm{N}\cos\alpha$ qui subsiste entre l'essieu et la boîte. Or on a ici :

$$\mathrm{N}\cos\alpha = \mathrm{P}\cos\lambda - \psi\sin\lambda$$

λ désignant l'angle compris entre la verticale et la ligne qui va du centre de l'essieu au point de contact de la boîte avec cette pièce. On déduit de là :

$$\psi\left(1+f\frac{r}{\mathrm{R}}\sin\lambda\right) = \mathrm{E} + \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{R}}(\mathrm{P}+p) + f\mathrm{P}\cos\lambda\cdot\frac{r}{\mathrm{R}} \ldots \quad (\mathrm{D}'),$$

ou approximativement :

$$\psi = \psi' = \mathrm{E} + \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{R}}(\mathrm{P}+p) + f\mathrm{P}\frac{r}{\mathrm{R}} \quad \ldots \quad (\mathrm{D}'').$$

Et la valeur de l'angle λ est fournie par (B), pourvu qu'on y remplace la force variable φ, capable d'un 1^er^ mouvement initial, par la force ψ, calculée d'après (D') ou (D''), on aura donc :

$$\operatorname{tang}\lambda = \left(f - \frac{\psi}{\mathrm{P}}\right) : \left(1 + f\frac{\psi}{\mathrm{P}}\right) \quad \ldots \quad (\mathrm{B}'').$$

Les équations (D', B'') suffisent pour déterminer les valeurs rigoureuses des inconnues ψ, λ : et pour le calcul des valeurs très-approchées il suffira d'employer (D'') et (B'') après avoir remplacé dans celle-ci la force Ψ par la valeur approchée ψ' calculée par (D''). L'équation (B'') ramène d'ailleurs à des conclusions déjà établies précédemment.

§ 24. *De la roulette à axe fixe* (fig. 20, 21, 22). Soit (fig. 20) une roulette à axe fixe, portant une charge P posée sur le plateau $\overline{AB}$, et soit p le poids de la roulette elle-même, celui du plateau se trouvant compris dans P. Il est évident que la force de traction horizontale F n'a d'autre résistance à vaincre que le frottement de glissement sur l'axe fixe (o), et celui du roulement de la roue sous le plateau. Nommons toujours m le point de contact du cercle de l'œil de la roulette avec l'essieu circulaire fixe dans l'état du mouvement permanent, α l'angle de la résultante N des forces qui passent au point m avec la ligne $\overline{moC}$, β l'angle de N avec la verticale de $(P+p)$ ou du centre C. Nous aurons par le principe des moments virtuels et des moments de rotation :

$$F\left[1+f\frac{r}{R}\sin(\alpha-\beta)\right]=f\frac{r}{R}(P+p)\cos(\alpha-\beta)$$
$$+\frac{A'P}{R}+f\frac{r}{R}\frac{A'P}{R}\sin(\alpha-\beta)\ \ldots\ (1),$$

r exprime le rayon de l'œil, R celui de la roulette, et A′ désigne le coëfficient du frottement de roulement entre la roulette et le plateau, leurs surfaces étant censées dépourvues d'inégalités sensibles; car dans l'hypothèse du contraire il faudrait ajouter au second membre de l'équation un terme correspondant, dû à l'aspérité du plateau. Mais puisque l'œil de la roulette peut rouler autour du point m, et que la résultante N des forces $F-\frac{A'P}{R}$ et $\overline{P+p}$ doit passer en ce point, à l'état du mouvement permanent, il faut exprimer cette condition analytiquement par les moments de rotation; on obtient ainsi une seconde équation :

$$\left(F-\frac{A'P}{R}\right)(R-r\cos(\alpha-\beta))=(P+p)\sin(\alpha-\beta).\ \ldots\ (II)$$

De plus la somme des projections des composantes sur une direction normale à N devant être nulle, on en déduit une 3^{me} équation qui donne immédiatement ce qui est ici évident :

$$\text{tang}\,\beta=\left(F-\frac{A'P}{R}\right):(P+p).\ \ldots\ (III)$$

Ces trois conditions donnent la solution générale de la ques-

tion, et fournissent la matière de quelques remarques intéressantes; d'abord en tirant de (II) la valeur du rapport $(F-\frac{A'P}{R}):(P+p)$, pour la substituer dans (III) on en déduit :

$$\frac{r\sin(\alpha-\beta)}{R-r\cos(\alpha-\beta)}=\frac{\sin\beta}{\cos\beta};$$

et par réduction on conclut immédiatement de là la condition purement géométrique :

$$R\sin\beta=r\sin\alpha. \quad \ldots \quad (a)$$

On peut vérifier en effet que celle-ci doit subsister, en abaissant (fig. 20) du centre C une perpendiculaire $\overline{CV}$ sur N; car d'une part $\overline{CV}=R\sin\beta$, et d'autre $\overline{CV}=r\sin\alpha$. Il suit de là que l'on peut négliger dans les éliminations l'équation (II) par exemple, pourvu que l'on tienne alors compte des équations restantes (I, III) et de la condition (a) qui est plus simple; celle-ci nous montre sur-le-champ que l'arc ou l'angle β est très-petit par rapport à l'angle α, toutes les fois que le rapport de r à R est très-petit; ce qui arrive à très-peu près dans la pratique.

On doit considérer ensuite que si l'on élimine F entre (I, III), qu'on remplace dans le résultat obtenu d'abord $\cos\beta$ par I, qu'on y néglige les quantités très-petites du second ordre, on en déduit pour α une première valeur approchée, savoir $\text{tang}\,\alpha=f$; l'équation (a) donnera ensuite pour β une valeur approchée correspondante :

$$\sin\beta=\frac{r}{R}\frac{f}{\sqrt{1+f^2}}=\frac{r}{R}f.$$

Après cela l'équation (I) donnera F avec tel degré d'approximation qu'on voudra. Mais en se bornant aux quantités peu sensibles du 1er ordre, on déduit immédiatement de (I) et sans aucune autre condition, une 1re valeur F′ de F, savoir :

$$F'=f(P+p)\frac{r}{R}+\frac{A'P}{R}.$$

En substituant dans (III) F′ à F, on obtient pour β une valeur β' déjà plus approchée que celle déduite de $\text{tang}\,\alpha=f$, savoir :

$$\text{tang}\,\beta' = f\frac{r}{R} + \frac{A'}{R}\,\frac{P}{P+p} = f\frac{r}{R} + \frac{A'}{R}.$$

Ce qui donnerait par (a) pour α', en confondant les tangentes avec les sinus :

$$\text{tang}\,\alpha' = f + \frac{A'}{r}\ ;\ \text{etc. etc. etc.}$$

On voit par là que dans le cas où le frottement de roulement a une valeur un tant soit peu sensible par rapport à celui du glissement en m, la quantité tang α doit différer sensiblement du coëfficient f.

§ 25. *Suite.* Proposons nous maintenant de déterminer la valeur φ de la force capable de vaincre ou d'équilibrer toutes les résistances pour le cas de la question précédente, dans la supposition que la surface du plateau restant parfaitement unie, la roue soit munie d'une petite saillie de hauteur h dans le sens du rayon, et en contact avec le dessous du plateau en un point a (fig. 21) situé en arrière du point de contact T. Soit X la force verticale en B, qui dans l'état de repos serait capable d'équilibrer le poids P autour de (a) ; on aura donc

$$X.\overline{aB} = P.\overline{aT};$$

le point (a) supportera par conséquent une pression verticale

$$P' = P - P\left(\frac{aT}{aB}\right) = P\left(\frac{BT}{aB}\right);$$

l'autre partie du poids P fera incliner le plateau si la force X n'existe pas, ou bien elle sera détruite par une telle force, ou par le dos du moteur produisant la force de traction horizontale. La pression en (a) donne lieu à un frottement

$$f_1 P\left(\frac{BT}{aB}\right) \text{ ou } f_1 P' \text{ pour abréger.}$$

C'est par l'effet de cette force passive que le plateau devient comme adhérent avec la saillie de la roue à l'instant même où celle-ci vient frapper le dessous du plateau au point (a). Mais la force φ maintenant capable de l'équilibre, doit être supérieure à F

calculé plus haut; car non-seulement elle doit le frottement en (m) (fig. 20); il faut encore qu'elle soulève quelque peu pendant un instant la charge P' autour du centre C; cette force φ sera en outre variable avec la distance $\overline{aT}$, mais il suffira de la calculer pour une position, celle par exemple qui répond à sa valeur initiale; car en y changeant la valeur initiale de $\overline{aT}$ en une valeur quelconque comprise entre zéro et aT, on aurait au besoin la valeur de la force motrice variable. Nommons encore (fig. 22) α l'angle de la résultante N' des forces φ et $(P'+p)$ avec la ligne $\overline{C'om}$, tirée par le point de contact m aux centres O,C'; β' l'angle de N' avec la verticale; remarquons aussi que le point d'intersection des deux composantes φ et $(P+p)$ n'est pas en (a), mais en a' entre a et T, et très-voisin de a à cause que p est censé assez petit par rapport à P. Dans le mouvement utile la résultante N' agira donc de a' vers m, ce qui donne en m une force normale $N'\cos\alpha$, et partant un frottement $fN'.\cos\alpha$. Mais il y a maintenant deux questions à résoudre, celle du *mouvement initial singulier*, et celle du *mouvement utile* qui succède au premier.

A partir du repos et jusqu'à ce que le point m soit atteint, la force motrice qui est censée croître d'abord par nuances insensibles finira par atteindre une intensité ψ, suffisante pour faire rouler l'œil de la roulette sur l'essieu fixe. Rapportons ce premier mouvement au centre fixe (O) de l'essieu, et supposons que l'angle de rotation soit déjà ε; le centre C de l'œil et tous les points de la roulette ont donc tourné autour de (O) en roulant sur l'essieu d'un angle ε. Le centre C s'est donc élevé d'un arc $CC'=(r-\rho)\varepsilon$ qui vaut en projection verticale $\overline{r-\rho}-(r-\rho)\cos\varepsilon=(r-\rho)(1-\cos\varepsilon)$, et en projection horizontale $(r-\rho)\sin\varepsilon$; le poids $(P'+p)$ s'est donc élevé d'une quantité verticale $(r-\rho)(1-\cos\varepsilon)$; et le moment virtuel de ce poids pendant l'instant qui succède vaut par conséquent :

$$(P'+p)(r-\rho)\sin\varepsilon.d\varepsilon.$$

Mais la roulette ayant roulé de n en m sur l'essieu, le point de contact T aura décrit l'arc $\overline{TT'}=(R-r+\rho)\varepsilon$, et pendant l'instant suivant il décrit par conséquent le chemin

$$(R-r+\rho).d\varepsilon=d.\overline{TT'}=\overline{T'T''};$$

et cet élément faisant avec la direction constante de ψ un angle ε, on aura pour le moment virtuel de ψ,

$$\psi(R-r+\rho)d\varepsilon\cdot\cos\varepsilon.$$

On voit donc que pour faire rouler un cercle percé d'un œil sur un axe fixe qui le traverse, la charge étant $(P'+p)$, on a besoin d'une force tangentielle fournie par l'équation :

$$\psi(R-r+\rho)\cos\varepsilon=(P'+p)(r-\rho)\sin\varepsilon.$$

De laquelle on déduit la valeur extrêmement approchée :

$$\psi=(P'+p)\left(\frac{r-\rho}{R}\right)\tang\varepsilon.$$

C'est cet effort ψ que l'on peut nommer ici le frottement de roulement du cercle mobile creux sur un cylindre fixe; on voit qu'il est directement proportionnel à la charge et en raison inverse du rayon de la roulette.

Quand on a $r-\rho=0$, il vient aussi $\psi=0$; il ne saurait y avoir alors aucun mouvement singulier, puisque dès l'origine même il faudra vaincre le frottement de glissement entre l'œil et l'essieu qui n'ont plus aucun jeu entr'eux.

Mais quelle est la limite supérieure des très-petites quantités ψ,ε? Il est évident que le mouvement singulier initial cessera dès que la composante tangentielle de la résultante des forces ψ, $(P'+p)$ sera suffisante pour vaincre le frottement de glissement du creux sur le plein et pour soulever désormais la charge $(P'+p)$ autour du centre C' de l'œil de la roulette.

Ainsi en nommant ε_1,ψ_1 les limites de ε,ψ, on aura :

$$\varepsilon_1=\alpha-\beta' \text{ et } \psi_1=(P'+p)\frac{r-\rho}{R}\tang(\alpha-\beta'),$$

α,β' restant jusqu'ici des quantités inconnues. Mais en désignant par h la hauteur $\overline{ab}$ de l'obstacle et par λ l'angle auxiliaire de $\overline{ab}C'$ avec l'horizontale, ce qui donne par la figure :

$$\overline{aT_1}=(R+h)\cos\lambda=\sqrt{2Rh+h^2},$$

partant $$\cos\lambda=\frac{\sqrt{2Rh+h^2}}{R+h};\ \sin\lambda=\frac{R}{R+h};$$

et en remarquant que $N'\cos\alpha = (P'+p)\cos(\alpha-\beta') - \varphi\sin(\alpha-\beta')$, on déduit du principe des moments virtuels :

$$\varphi(R+h)\sin\lambda = P'(R+h)\cos\lambda + fr(P'+p)\cos(\alpha-\beta') - f\varphi r\sin(\alpha-\beta'). \quad \ldots \text{ (I)}$$

La rectangularité des forces $\varphi,(P'+p)$ donne immédiatement la condition nouvelle :

$$\varphi = (P'+p)\,\text{tang}\,\beta'. \quad \ldots \text{ (III)}$$

Mais l'hypothèse du mouvement utile suppose que la résultante N' passe par le point m' autour duquel la somme des moments des forces doit par conséquent être nulle; ce qui donne la 3^{me} condition nécessaire :

$$\varphi(R - r\cos(\alpha-\beta')) = P'(R+h)\cos\lambda + (P'+p)r\sin(\alpha-\beta'). \ldots \text{ (II)}$$

Les trois égalités (I, II, III) sont nécessaires et suffisantes pour la détermination rigoureuse ou approchée des inconnues fondamentales α, β, φ de la question proposée. De l'équation (I) on déduit pour φ une première approximation :

$$\varphi' = P'\frac{\sqrt{2h}}{\sqrt{R}} + f(P'+p)\frac{r}{R};$$

d'où résulte :

$$\text{tang}\,\beta' = f\frac{r}{R} + \frac{P'}{P'+p}\frac{\sqrt{2Rh}}{R} = f\frac{r}{R} + \frac{\sqrt{2h}}{R};$$

et en substituant cette valeur dans (II) on en déduit

$\sin(\alpha-\beta')$ ou $\alpha-\beta' = f$; partant

$$\alpha = f + f\frac{r}{R} + \frac{\sqrt{2h}}{\sqrt{R}}.$$

En substituant maintenant ces valeurs de α, β' dans (I), on obtiendra pour φ une seconde approximation plus considérable que la première.

De là on conclut également :

$$\varepsilon'_1 = f, \text{ et } \psi'_1 = (P'+p)\left(\frac{r-\rho}{R}\right)f.$$

Et l'arc nm dont l'extrémité donne le point de contact m aura la valeur $nm = \rho(\alpha-\beta') = \rho f$.

Remarque I. A un premier examen on serait assez porté d'ad-

mettre que la force φ soit égale à la force limite ψ_1 ; mais il n'en saurait être ainsi : il se présente ici une solution de continuité nécessaire dans la transition du mouvement singulier au mouvement utile ; et dans le premier cas il suffit simplement de soulever la charge autour du point de contact variable de l'œil avec l'essieu ; au contraire, dans le second cas la force φ doit soulever la charge autour du point m et faire glisser en même temps le vide de l'œil sur l'essieu, partant vaincre un frottement qui n'existe pas dans le premier. C'est pourquoi aussi la force φ doit généralement surpasser ψ_1 ; leurs valeurs approchées donnent en effet l'excès positif

$$\varphi' - \psi'_1 = P' \frac{\sqrt{2h}}{\sqrt{R}} + f(P' + p)\frac{\rho}{R} ,$$

ce qui conduit à conclure pour le cas où la différence $\overline{r-\rho}$ est très-petite, que la force ψ_1 est presqu'insensible par rapport à la force φ capable d'entretenir le mouvement utile.

Remarque II. Dans l'hypothèse de $h = 0$, la solution donne par (II , III) :

$$R \sin \beta' = r \sin \alpha , \text{ et par (I , II) } R \sin \beta' = f \cdot r \cdot \cos \alpha ,$$

partant

$$\operatorname{tang} \alpha = f , \sin \beta' = \frac{r}{R} \cdot \frac{f}{\sqrt{1+f^2}} , \operatorname{tang} \beta' = \frac{r}{R} \cdot f \cdot \frac{1}{\sqrt{1+f^2-\frac{r^2}{R^2}f^2}} ,$$

et $\varphi = f(P' + p)\frac{r}{R} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+f^2-\frac{r^2}{R^2}f^2}}$, ou $\varphi = f(P' + p)\frac{r}{R}$ à très-peu près.

D'ailleurs qu'on adopte ici pour φ sa valeur rigoureuse ou approchée, on voit toujours qu'il n'y a plus aucun terme relatif à la résistance du roulement, ce terme est donc dû uniquement à la présence du facteur h dans le cas général, et cette résistance doit par conséquent s'exprimer par $P' \frac{\sqrt{2h}}{\sqrt{R}}$, ce qui ramène à une conclusion déjà établie pour un cas analogue. (§ 19, fin).

NOTE SUR LE § 6, REMARQUES I ET III, ET § 8, REMARQUE II.

La valeur de $\text{tang}\,\alpha = f$ obtenue aux passages cités est rigoureuse; c'est ce qui est évident mécaniquement, puisque la résultante N doit passer par le point de contact m, et équilibrer par sa composante tangentielle $N \cdot \sin\alpha$, le frottement $fN \cdot \cos\alpha$ dû à l'effort normal; mais il reste à prouver que les équations générales d'équilibre conduisent au même résultat. En effet, les conditions (II, III, § 8) donnent par l'élimination de M :

$$P\left(R - \rho\frac{\sin A \cdot \sin\alpha}{\sin\beta}\right) = Q'\left(R' - \rho\frac{\sin B \cdot \sin\alpha}{\sin\beta}\right).$$

Les conditions (I, III, § 8) donnent d'un autre côté :

$$P\left(R - f\rho\frac{\sin A \cos\alpha}{\sin\beta}\right) = Q'\left(R' - f\rho\frac{\sin B \cos\alpha}{\sin\beta}\right).$$

et de là résulte par l'élimination du rapport $P : Q'$:

$$\left(R - \rho\frac{\sin A \sin\alpha}{\sin\beta}\right)\left(R' - f\rho\frac{\sin B \cos\alpha}{\sin\beta}\right) = \left(R - f\rho\frac{\sin A \cos\alpha}{\sin\beta}\right)\left(R' - \rho\frac{\sin B \sin\alpha}{\sin\beta}\right).$$

Equation qui devient par réduction :

$$(R' \sin A - R \sin B)(\sin\alpha - f\cos\alpha) = 0.$$

Or le premier facteur ne pouvant être nul en général, il faut égaler à zéro le second facteur qui reproduit en effet $\text{tang}\,\alpha = f$, et rend l'angle α égal à l'angle du frottement dans tous les cas analogues à celui du § 8 qu'on vient de traiter. La marche précédente est applicable aussi au cas du § 6, et les opérations à exécuter y sont même un peu moins longues; c'est pourquoi je les abandonne au lecteur.

On pourrait diriger aussi les éliminations de manière à obtenir β en fonction des données immédiates de la question; mais on ne saurait plus obtenir $\text{tang}\,\beta$ ou $\sin\beta$ d'une façon rigoureuse, par une équation linéaire. Toutefois on pourra encore calculer $\text{tang}\,\beta$ d'une manière aussi approchée qu'on veut : $\text{tang}\,\beta'$ étant une 1re approximation, on trouve aisément :

$$\text{tang}\,\beta' = \frac{Q'(R' \sin A - R \cdot \sin B)}{Q'(R' \cos A + R \cos B) + M \cdot R};$$

et pour 2me valeur approchée on obtient ensuite :

$$\text{tang}\,\beta'' = \text{tang}\,\beta' + \frac{\rho \sin\alpha \sin(A+B)}{R' \cos A + R \cos B}\sqrt{1 + \text{tang}^2\beta'};$$

On voit par cette valeur de tang β'' qu'il serait le plus souvent superflu de pousser les approximations plus loin.

FAUTES ESSENTIELLES A CORRIGER :

p. 265, ligne 24 en remontant, $x' =$, lisez $x'' =$
id. 17 en remontant, $x'' =$, lisez $x' =$
p. 268, ligne 12, P' lisez P.
p. 269, lig. 5 en *r.*, *ra*, *rb* et *ab*, lisez $2a$, $2b$ et *Cr.*
p. 277, ligne 12, en rem., δq, lisez δ, q.
p. 280, lignes 6, 8, 10 et 14 en rem., (G) lisez (C).
p. 305, ligne 13, $-R \sin$, lisez $-R \sin \alpha$.
p. 308, ligne 5 en rem., UAB, lisez UAB (fig. 14).

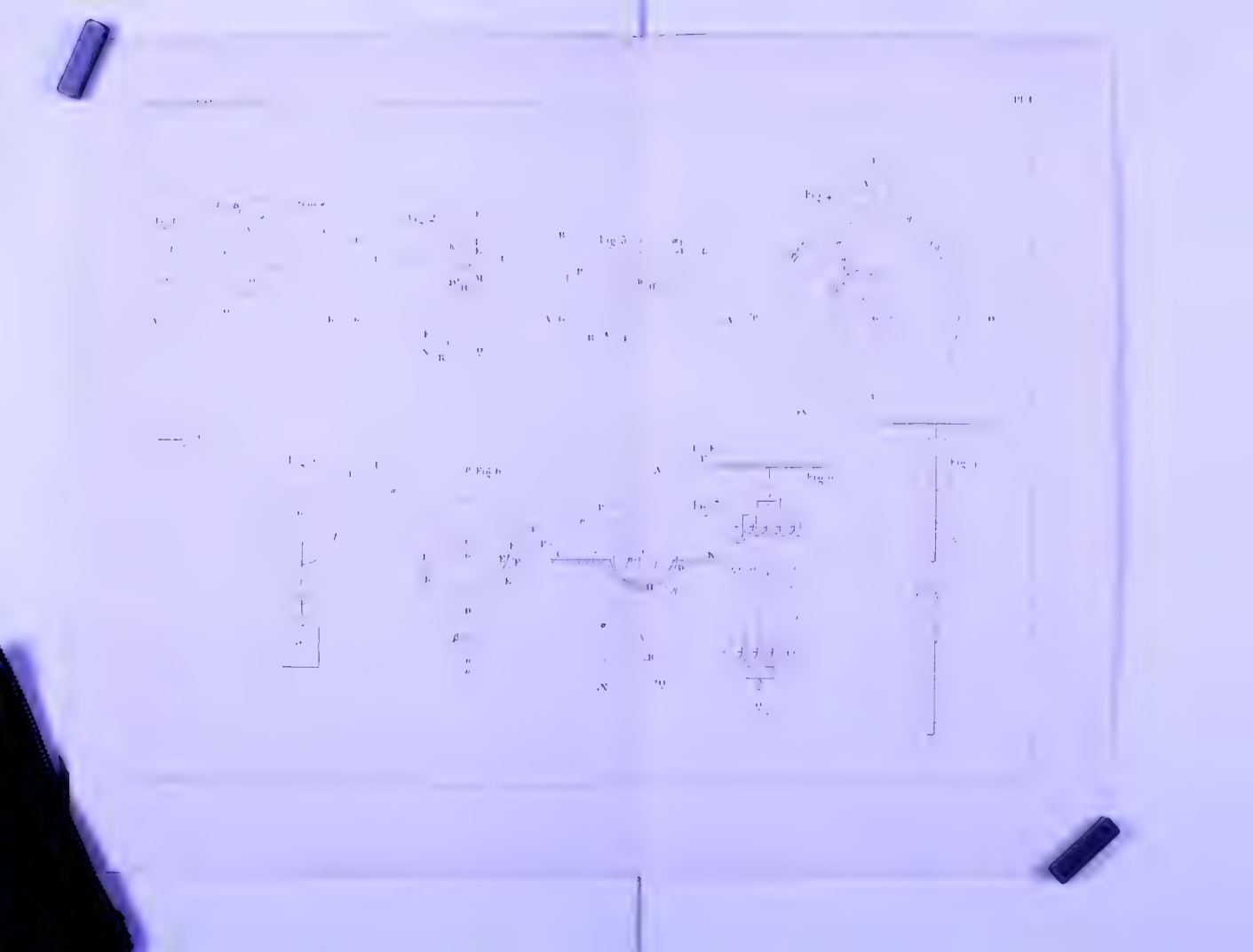
AVIS.

Je crois devoir me borner pour le moment à ce qui précède, parce que les exemples que j'ai traités, sont des cas fondamentaux, et qu'ils suffisent pour faire ressortir l'esprit de la méthode que j'ai suivie et qui serait applicable à d'autres cas analogues.

Le lecteur consciencieux, après avoir étudié mon Mémoire, n'en sera certes pas réduit à se demander ce que je prétends réfuter, et ce que je mets à la place pour la réédification; car dans l'introduction je traite cette question *in abstracto*, et je l'éclaircis ensuite par des faits, ce qui d'ailleurs a été pratiqué déjà antérieurement pour l'exemple de la vis à filet triangulaire.

Du reste la discussion des difficultés que j'ai soulevées et expliquées du moins en grande partie, est loin d'être épuisée. Que serait-ce en effet si je voulais une fois parler de la théorie du coin, telle qu'on la établie, eu égard au frottement?

Avant que d'aborder des sujets aussi compliqués, il m'a paru indispensable de m'appuyer, pour convaincre le lecteur, sur des exemples simples et saisissants; et c'est ce que je me propose de faire dans un nouveau travail que je publierai plus tard et qui fera suite au présent Mémoire.



c

/

N

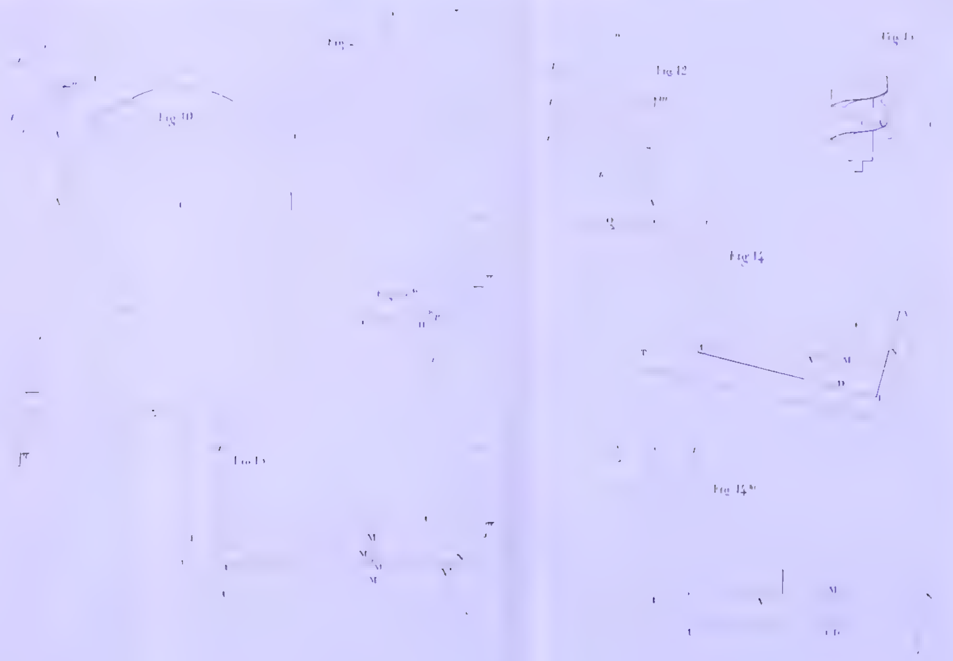
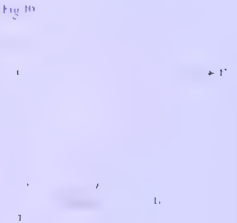


Fig 10
Fig 12
Fig 14
Fig 14bis



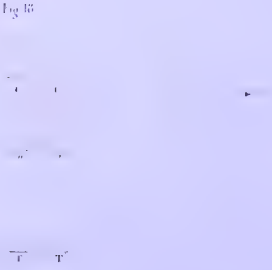


Fig 20

Fig 21

Fig 22

VIII.

CATALOGUE

DES

LARVES DES COLÉOPTÈRES.

CATALOGUE

DES

LARVES DES COLÉOPTÈRES,

CONNUES JUSQU'A CE JOUR

AVEC LA DESCRIPTION DE PLUSIEURS ESPÈCES NOUVELLES,

PAR

M. F. CHAPUIS,

DOCTEUR EN MÉDECINE ET EN SCIENCES NATURELLES,

ET

M. E. CANDÈZE,

DOCTEUR EN MÉDECINE.

A Monsieur le Professeur

Th. Lacordaire,

HOMMAGE DE SES ÉLÈVES DÉVOUÉS,

F. CHAPUIS, E. CANDÈZE.

PRÉFACE.

Comme la plupart des jeunes entomologistes, nous avions commencé une collection de Coléoptères, sans savoir, sans nous demander où cela pouvait nous conduire un jour. De temps en temps, nous portions le produit de nos chasses à M. le Professeur Lacordaire, dont nous suivions alors les intéressantes leçons à l'Université de Liége, et qui voulait bien nous donner les noms des espèces que nous avions recueillies ; mais connaissant l'étendue de l'entreprise dans laquelle nous nous engagions à notre insu, il nous avait exhorté plusieurs fois à diriger spécialement nos recherches sur les larves de cet ordre d'insectes. Nous avons suivi cet excellent conseil, et, depuis plusieurs années, nous n'avons rien négligé pour augmenter notre collection sous ce rapport.

Les personnes qui se sont occupées de cette branche de l'Entomologie, savent combien les recherches sont pénibles, combien il faut de soins, de patience, non-seulement pour amener au terme de leurs métamorphoses les larves qu'on a découvertes; mais encore pour arriver à déterminer les espèces auxquelles elles appartiennent. Aussi, lorsque notre collection eut acquis une certaine importance, l'idée nous vint-elle de former un Catalogue des espèces décrites jusqu'à ce jour, et, comme les entomologistes qui s'occupent de cet objet ont probablement éprouvé les mêmes difficultés que nous, il nous semble que ce Catalogue leur sera de quelque utilité en leur épargnant un temps précieux qu'ils pourront consacrer à d'autres recherches. Nous avons été fortement encouragés dans ce projet par notre savant Professeur de zoologie, et c'est grâce à ses bons conseils, grâce surtout à la bienveillance avec laquelle il a mis sa riche bibliothèque entomologique à notre disposition, que nous osons croire aujourd'hui que nos efforts ne seront pas entièrement perdus pour la science.

Un séjour que nous avons fait à Paris, a été sous plusieurs rap-

ports utile à notre travail. Nous avons pu consulter quelques ouvrages que nous n'avions point trouvé ailleurs, et en même temps nous avons été introduits chez plusieurs entomologistes très-distingués, qui ont bien voulu mettre à notre disposition les ouvrages de leurs bibliothèques et les richesses de leurs collections. Il nous est bien agréable de pouvoir ici adresser nos remercîments à M. Guérin-Méneville, dont les vastes connaissances et les nombreux travaux d'entomologie pratique sont si universellement appréciées, pour la bonté qu'il a constamment montrée à notre égard et les larves nouvelles de sa collection qu'il nous a permis d'étudier. Nous devons aussi une vive reconnaissance à M. H. Lucas, ce savant explorateur de l'Algérie, pour les communications importantes qu'il a bien voulu nous faire, à MM. L. Fairmaire et Jacquelin-Duval pour les Larves qu'ils ont mises à notre disposition, enfin à M. Reiche dont les bons conseils nous ont été souvent utiles.

Encore quelques mots sur notre travail. Erichson a donné dans les archives de Wiegmann, en 1841 et 1842, les caractères généraux des larves d'un grand nombre de familles de Coléoptères. Quoique fondés sur un petit nombre d'espèces, ces caractères sont tracés de main de maître. Nous en avons donné la traduction, persuadés qu'il sera toujours plus facile d'en restreindre ou d'en agrandir le cadre selon les découvertes, que de les tracer de nouveau. Parmi les familles que cet illustre entomologiste n'a pas travaillées, nous avons tenté d'indiquer les caractères des unes, en mettant à profit les descriptions des auteurs et en étudiant les larves que nous avions recueillies; pour les autres, lorsque les matériaux nous ont manqué, nous avons cru qu'il serait utile pour les entomologistes plus heureux dans leurs recherches, de donner un ou deux types des larves de ces groupes peu connus, empruntés aux auteurs qui les ont décrits avec le plus d'exactitude.

Les larves de chaque famille ont une forme spéciale, un *facies* que l'on essaierait peut-être en vain de rendre par des mots. Aussi avons-nous, autant que possible, donné une figure au trait de la larve dans son ensemble, et, pour mieux faire saisir les différences que les divers types présentent dans les organes buccaux, nous y avons joint des figures grossies de ces derniers.

Dans certains groupes, il est des larves dont les mœurs sont assez importantes à connaître au point de vue de l'économie fores-

tière ou agricole; une légère esquisse de leur histoire, résumant les découvertes des auteurs, nous a paru trouver ici sa place.

La classification de l'ordre des Coléoptères a été profondément modifiée dans ces derniers temps quant au nombre, à la composition et à l'arrangement relatif des familles dont il se compose. Nous avons suivi sous ce rapport la méthode d'Erichson (1), à quelques légers changements près, et, après nous être entendu sur la marche à suivre, nous avons cru devoir nous partager ces familles, lors de la rédaction de notre travail. Celles qui sont marquées d'un astérique dans le tableau suivant, ont été traitées par M. Candèze, les autres par M. Chapuis; ce dernier a de plus rédigé les généralités placées en tête de l'ouvrage.

Cicindélètes	Dermestins	* Ténébrionides
Carabiques	* Byrrhiens	* Mélandryades
Dytiscides	Parnides	* OEdémérides
Gyrinides	Hétérocérides	* Lagriaires
* Hydrophyliens	* Lamellicornes	* Pyrochroïdes
Silphales	Buprestides	* Mordellones
Psélaphiens	Eucnémides	* Méloïdes
Staphyliens	Elatérides	Salpingides
Histériens	Cébrionides	Curculionides
Trichoptérygiens	Atopides	Bostrichides
Anisotomides	* Cyphonides	* Longicornes
Nitidulaires	* Lampyrides	Chrysomélines
Colydiens	Lycides	Érotyliens
Paussides	* Téléphorides	Clypéastres
Cucujipes	* Mélyrides	* Endomychides
Cryptophagides	* Clérides	Coccinellides.
Latridiens	* Ptiniores	
Mycétophagides	* Cissides	

(1) Cette méthode n'a été exposée nulle part d'une manière complète par Erichson. Pour s'en faire une idée il faut consulter, outre son *Histoire naturelle des Insectes de l'Allemagne* si malheureusement interrompue par la mort de l'auteur, son *Conspectus insectorum Coleopterorum quæ in Republica Peruana observata sunt* (Wiegmanns Archiv, 1847, I. p. 67), et le *Nomenclator zoologicus* d'Agassiz.

Des erreurs se seront sans doute glissées dans notre travail; des notices insérées dans des recueils peu répandus ou difficiles à se procurer auront échappé à nos recherches. Il serait difficile qu'il en fut autrement; mais nous espérons qu'on voudra bien nous pardonner ces lacunes en considération des efforts que nous avons faits pour le rendre aussi complet que possible. Le seul sentiment qui nous a portés à l'entreprendre est celui de concourir aux progrès de l'Entomologie.

CATALOGUE

DES

LARVES DES COLÉOPTÈRES.

GÉNÉRALITÉS.

On sait que l'un des principaux caractères de la classe des Insectes consiste en ce que le nombre typique des segmens dont se compose le corps de ces animaux est de treize, et que ces segmens dont quelques-uns sont sujets à s'atrophier à l'état parfait, sont en général bien distincts dans les larves des espèces à métamorphoses complètes. L'ordre des Diptères est le seul qui présente de nombreuses exceptions à cet égard. Les larves des Coléoptères sont aussi normales sous ce rapport que celles des Lépidoptères; seulement chez beaucoup d'entre elles il paraît y avoir un segment de plus, ce qui vient de ce que le dernier est divisé en deux par un sillon transversal, ou, ce qui est plus fréquent, se prolonge en un tube anal plus ou moins développé; toutefois il est rare que ce faux segment soit assez nettement limité pour être une cause sérieuse d'erreur.

La division du corps en trois régions, la tête, le thorax et l'abdomen, division toujours si apparente chez les Coléoptères à l'état parfait, subsiste plus ou moins dans la plupart de leurs larves; mais elle peut disparaître dans des familles entières, celle des Curculionides par exemple, et dans ce cas le corps ne présente

plus, en arrière de la tête qui reste toujours distincte, qu'une suite d'anneaux à très-peu de chose près semblables. Ces larves vermiformes sont naturellement celles qui s'éloignent le plus de l'insecte parfait; mais même chez celles (Staphyliniens, Silphales, etc.) où l'on peut entrevoir déjà les formes futures de ce dernier, cette ressemblance avec l'animal définitif ne va jamais bien loin. Il serait du reste superflu de s'étendre davantage sur la forme de ces larves qui varie trop pour qu'on en puisse rien dire de bien général, et nous allons examiner successivement les trois régions dont nous venons de parler.

La *tête*, toujours plus ou moins distincte, comme nous venons de le dire, est de forme très-variable. Lorsqu'elle est déprimée en dessus et en dessous, les deux plaques qui la protègent et que nous nommerons *plaques sus-céphalique* et *sous-céphalique*, sont de dimensions à peu près égales et cornées. Quand elle est subglobuleuse et semblable à la tête des chenilles, la plaque sus-céphalique est fortement convexe, écailleuse, et beaucoup plus grande que la plaque opposée qui semble de consistance moins dure. Il est d'autres modifications qui sont particulières à l'une ou l'autre famille, par exemple celles que présentent les Longicornes, les Buprestides, les Lampyrides, dont la tête est plus ou moins rétractile dans le segment prothoracique. La forme de cette partie est le plus ordinairement en rapport avec le régime. Ainsi les larves dont la tête, déprimée sur ses deux faces, porte la bouche à son extrémité antérieure et dirigée en avant, sont des larves ravisseuses; chez celles, au contraire, dont la tête arrondie porte la bouche en dessous, on peut dire que le régime est phytophage, ou du moins qu'elles se nourrissent de substances privées de vie.

Les *ocelles* ou *stemmates* manquent totalement dans un grand nombre d'espèces, généralement chez celles qui vivent à couvert, soit en terre, soit dans le bois, les détritus, etc. Chez les autres, l'absence de ces organes est exceptionnelle; mais leur nombre, quoique limité, varie beaucoup, non-seulement dans les diverses familles, mais même d'une tribu à l'autre. C'est ce que l'on observe par exemple, chez les Chrysomélines et les Staphyliens. On en compte ordinairement six de chaque côté, très-exceptionnellement plus (il y en a sept chez l'*Eucinetus*); mais aussi leur nombre peut être réduit à un seul de chaque côté. Un point important est la disposition des stemmates entre eux, par rapport aux antennes et aux diverses régions de la tête, car elle paraît constante dans certains groupes.

Quant à leur forme, on observe des différences plus nombreuses, quoiqu'elles soient souvent inappréciables à cause de la petitesse de ces organes; néanmoins dans le petit nombre des espèces que nous avons pu comparer sous ce rapport, il nous a semblé que cette forme pourrait servir de caractère spécifique. Dès lors il serait à désirer que dans la description d'une larve on indiquât, d'abord la position des ocelles par rapport aux antennes, puis leur situation relative, leur disposition et leur forme; ce caractère s'exprimerait aisément par un petit dessin analogue à celui que nous avons donné pour le *Calosoma scrutator*. Dans cette figure les antennes sont représentées par deux petits cercles concentriques, la ligne médiane du corps par un trait vertical, et sur les cotés sont les ocelles avec leur forme et leur disposition relative, abstraction faite de la distance réelle qui les sépare du plan médian. Une particularité importante, signalée par Erichson, est la présence des ocelles chez certaines larves dans leur jeune âge, tandis qu'à l'état adulte on ne les retrouve plus; ce fait a été observé chez les Lamellicornes.

La présence des *antennes* est bien plus constante que celle des ocelles, et le nombre des espèces où elles manquent absolument est jusqu'à présent très-limité. Elles sont insérées sur les côtés de la tête, non loin de l'articulation des mandibules; rarement elles se rapprochent un peu de la ligne médiane. Le nombre des articles qui les composent est peu considérable; il est de quatre dans un grand nombre d'espèces, rarement de cinq, plus souvent de trois ou de deux; quelquefois même les antennes ne sont représentées que par un petit tubercule inarticulé et qui échapperait souvent aux investigations, si l'on ne savait la place qu'il doit occuper. Nous aurons occasion de signaler dans la famille des Dytiscides une particularité que l'on ne retrouve pas ailleurs : c'est la présence chez les larves adultes de petites pièces supplémentaires à la base des articles, et cela existe non-seulement aux antennes, mais encore aux palpes des mâchoires et de la lèvre inférieure.

La forme des antennes varie; tantôt elles sont cylindriques, et, dans ce cas, les articles peuvent se mouvoir les uns sur les autres dans tous les sens; tantôt coniques, et alors on comprend que l'emboîtement réciproque des articles empêche leurs mouvements de latéralité. Du reste, ces organes sont bien loin de jouir chez les larves de la mobilité qu'ils présentent chez les insectes parfaits. Une observation attentive montre dans un nombre assez considérable d'espèces, que le troisième article, plus rarement le deuxième, porte

vers son extrémité, ou à son extrémité même, un petit article supplémentaire, toujours très-court, mais cependant distinct; la plupart des Carabiques et des Chrysomélines sont dans ce cas. Dans d'autres espèces de petite taille, au lieu de ces petites pièces articulées, on trouve ces mêmes articles dilatés et prolongés latéralement d'une manière variable. Il est bien remarquable que les antennes, formées d'un nombre si restreint d'articles dans l'immense majorité des larves, présentent, au contraire, dans quelques espèces, un très-grand nombre de pièces. Ainsi on en compte une quarantaine dans les larves de *Cyphon;* dans un genre voisin, l'*Eucinetus*, il y a quatre articles seulement, mais le dernier est extrêmement allongé et divisé en deux branches à son extrémité.

La *bouche* dont l'examen est d'une si haute importance, est formée chez les larves de parties analogues à celles des insectes parfaits. Ainsi on y retrouve la lèvre supérieure, les mandibules, les mâchoires, et la lèvre inférieure. Nous examinerons successivement chacune de ces parties, mais auparavant nous dirons quelques mots de leur disposition générale.

Chez les larves carnassières, l'ouverture buccale est extrêmement petite et quelquefois impossible à voir; aussi ces larves ne déchirent pas leur proie, mais se bornent à en extraire les sucs par une espèce de succion. Chez les Dytiscus, cette succion s'opère, comme on le sait depuis longtemps, à l'aide des mandibules; chez les autres, c'est probablement par l'ouverture buccale proprement dite; c'est ainsi, par exemple, que les larves des Carabiques plongent leur tête entière dans la substance du mollusque qu'elles viennent de tuer et restent dans cette position un temps considérable. Chez ces larves carnassières, les divers organes qui composent la bouche sont très-éloignées les unes des autres, notamment les mâchoires. On ne peut cependant de la forme de la bouche conclure, avec certitude, le régime, car les larves des Clérides, qui vivent bien certainement de proie, ne présentent pas les particularités que nous venons de signaler. Les larves phytophages ou xylophages présentent une organisation très-différente; ici toutes les parties sont extrêmement rapprochées. Une troisième forme dans la disposition des organes buccaux nous est offerte par les larves des Elatérides, des Clythridées et des Peltides. Ce type se rapproche certainement beaucoup de celui des larves carnassières, sinon dans la forme, au moins par cette considération que les mâchoires semblent jouer un rôle secondaire dans la préhension des aliments.

Le chaperon et la lèvre supérieure manquent généralement chez les espèces ravisseuses, et, dans ce cas, le bord antérieur de la plaque sus-céphalique ferme la bouche en haut. Cependant ces parties manquent encore chez d'autres larves qui n'ont pas ces habitudes carnassières ; alors tantôt le chaperon se trouve plus ou moins distinctement séparé de la plaque sus-céphalique ; tantôt la lèvre supérieure existe seule, le chaperon étant invisible, et cette lèvre est mobile ou immobile, selon les espèces. Ces deux parties sont le plus souvent de forme transversalement quadrangulaire, avec le bord antérieur arrondi, droit ou échancré.

Les mandibules ne manquent jamais. Elles sont composées d'une substance très-dure, et diversement configurées selon le régime. Chez les espèces carnassières, elles sont allongées, aiguës, plus ou moins saillantes et le plus souvent dépourvues de dents ; celles des Dytiscus, qui présentent cette forme, sont percées d'une ouverture à leur partie interne. Les mandibules des larves lignivores sont courtes, fortes, très-dures, à pointe obtuse et dentée. Chez les espèces phytophages, ces organes sont bien moins puissants ; ce sont, en quelque sorte, des lames carrées, un peu convexes en dehors et à extrémité large et multidentée.

Les mâchoires sont généralement libres, parfois soudées à la lèvre inférieure ; elles sont formées de parties analogues à celles de l'insecte parfait. La pièce cardinale, quelquefois indistincte, le plus souvent peu développée, prend chez les *Hydrophilus* un accroissement tel qu'elle forme presque en entier la mâchoire. La pièce basilaire est bien développée dans la majorité des cas, diversement configurée, et porte le plus souvent un lobe maxillaire à bord denté ou cilié, de forme très-variable, tantôt continu et soudé à la pièce basilaire, tantôt mobile, articulé et formé d'une pièce unique ressemblant à un article de palpe ; chez les Carabiques et les Elatérides ce lobe est formé de deux articles. Dans ces deux familles, et, en général, dans les Lamellicornes, les Dermestins et quelques autres groupes, on retrouve un rudiment plus ou moins développé de lobe interne, lobe qui, dans certains cas, est intimement soudé au lobe externe. La pièce basilaire porte en outre à son extrémité, et, par exception, vers le milieu de son bord externe (Cicindélètes), un palpe maxillaire formé d'un nombre variable d'articles. Chez les *Melasis* les mâchoires manquent tout-à-fait.

Quoique les diverses parties de la lèvre inférieure puissent manquer aussi, c'est cependant un organe plus constant que les

mâchoires elles-mêmes. Sa portion basilaire ou le menton est ordinairement bien distinct, soudé à la plaque sous-céphalique, de consistance charnue ou cornée, et de grandeur variable; mais il laisse toujours à découvert les palpes et les pièces palpigères. Dans aucune espèce il ne présente un développement aussi considérable que chez les *Cyphon*, où il occupe la plus grande partie de la plaque sous-céphalique. La languette offre les plus grandes variations dans sa forme, sa grandeur, et peut manquer complètement. Les pièces palpigères tantôt parallèles, tantôt divergentes, sont le plus souvent soudées entre elles; on les trouve séparées dans quelques espèces peu nombreuses (*Cyphon*, *Cicindela*). Les palpes labiaux sont formés de un ou deux articles seulement. Chez les Buprestides et les *Melasis*, il y a absence de palpes et de pièces palpigères, quoique le menton et la languette soient bien développés.

Les trois segments qui suivent la tête répondent au *thorax* des insectes parfaits. Dans un assez grand nombre de cas on les distingue à peine des segments abdominaux, du moins en dessus. Le prothorax offre souvent dans sa forme, la nature des téguments qui le revêtent, les ornements ou les appendices dont il est muni, des particularités qui le font reconnaître au premier abord. Les mêmes caractères peuvent servir à distinguer le mésothorax et le métathorax, mais bien moins fréquemment. Du reste, lorsque ces caractères viennent à manquer, la présence des pattes sert le plus souvent à établir la distinction, ces trois segments étant les seuls qui puissent en être pourvus. Ajoutons cependant que ces organes manquent assez souvent; ainsi, les Buprestides, les *Melasis*, les Bostrichides, la plupart des Curculionides, les Lamiaires parmi les Longicornes, en sont dépourvus. Lorsque les pattes existent, chaque segment thoracique en porte une paire; elles sont articulées sur l'arceau ventral et plus ou moins rapprochées de la ligne médiane; dans quelques espèces seulement, elles se trouvent sur le bord latéral de cet arceau.

Quand elles sont complètement développées, on peut y observer des parties analogues à celles des pattes de l'insecte parfait. La première pièce représente la hanche; elle est plus ou moins longue, généralement de forme obconique, dirigée de dehors en dedans et un peu en arrière, de manière à former un angle avec sa correspondante; ou bien, mais dans des cas plus rares, elle se porte directement en dedans. La deuxième pièce, qui correspond au trochanter, est ordinairement de moindre longueur et le plus souvent fixée d'une

manière immobile à la pièce suivante, qui forme la cuisse. Celle-ci et la jambe qui vient en quatrième lieu, sont par leur longueur et la mobilité dont elles jouissent, les parties les plus importantes de la patte. Le tarse ou la cinquième portion est tout-à-fait rudimentaire et manque parfois complètement; ce tarse est formé d'un seul article, ou bien, lorsqu'il manque, la jambe est terminée par un seul ongle dans la majorité des espèces, par deux dans quelques familles (Cicindélètes, Carabiques, Dytiscides, Gyrinides), enfin par trois dans un nombre très-restreint (Méloïdes). La distinction des parties n'est pas toujours facile; ainsi chez les Mordellones, quoique les pattes soient de médiocre longueur, on ne peut reconnaître leurs diverses parties constituantes. Il en est de même, à plus forte raison, lorsque ces organes locomoteurs s'atrophient, comme on l'observe dans le *Cratoparis lunatus* parmi les Curculionides, et dans un grand nombre de Longicornes.

Dans un certain nombre des espèces appartenant à ces familles où nous avons signalé l'absence des pattes, on trouve quelquefois sur les parties inférieures des tubercules plus ou moins saillants, où l'on ne distingue aucune division, et qui sont évidemment les derniers vestiges de ces organes; en un mot, on trouve tous les passages depuis les pattes les mieux constituées, jusqu'à celles où l'on ne distingue plus que l'une ou l'autre des parties constituantes, et de là jusqu'à celles où la réduction est portée si loin, qu'on ne peut plus les qualifier de pattes. Ces organes sont ordinairement semblables entre eux et également développés; mais ici encore nous observons des exceptions, et l'une ou l'autre paire peut être plus ou moins réduite dans ses dimensions. C'est ce que nous offrent, par exemple, les *Clythra* et les *Blaps;* chez les Passalides, la paire postérieure est atrophiée au point de devenir tout-à-fait inutile dans l'acte de la locomotion.

Les segments *abdominaux* sont généralement au nombre de neuf; chez les larves aquatiques, c'est-à-dire les Dytiscides, les Hydrophiliens, les Donacides et quelques autres, on n'en compte que huit; nous dirons plus loin un mot de la cause probable de l'absence du neuvième segment. Sauf de légères différences dans les dimensions et dans la forme, ces anneaux sont ordinairement semblables entre eux; dans quelques familles, ils sont ornés d'appendices diversement configurés; le plus remarquable sous ce rapport est le segment terminal.

Les segments abdominaux sont toujours dépourvus de pattes;

mais parfois ils sont pourvus d'organes destinés à faciliter la locomotion. C'est de cette nature que sont chez les larves des Longicornes les disques des régions abdominales supérieure et inférieure ; ces disques transversalement ovalaires, présentent selon les espèces des dessins compliqués, très-variables, et dont la connaissance exacte sera sans aucun doute un bon caractère spécifique pour un grand nombre de ces larves. On observe des disques analogues, mais à la région ventrale seulement, chez les Criocérides. De même, chez beaucoup de Curculionides et de Buprestides, on trouve à la face inférieure des tubercules qui permettent à ces larves apodes de se transporter d'un lieu à un autre. Les OEdémérides présentent en dessous, sur les premiers segments abdominaux, des organes locomoteurs qui rappellent à un haut degré les fausses pattes des chenilles. C'est probablement encore à faciliter la progression que sont destinés ces prolongements sétigères des larves des Paussides, ces spinules ou ces soies que l'on trouve à la face ventrale chez un si grand nombre de larves.

Mais l'organe le plus important sous ce rapport, est certainement l'appendice saillant dont est souvent muni en dessous le segment terminal. Cette fausse patte anale, comme on l'a nommée, n'est le plus souvent autre chose que l'anus prolongé en tube et pouvant s'allonger ou se retirer à la volonté de l'animal. Chez d'autres espèces, et les Ténébrionides sont dans ce cas, on trouve de chaque côté de l'ouverture anale, un prolongement charnu remplissant la même fonction. Dans beaucoup de Chrysomélines, il n'y a qu'un seul prolongement, situé sur la ligne médiane en avant de l'anus ; mais son extrémité charnue est tantôt bifide, tantôt simple. Cet organe a été considéré comme servant à la progression, et généralement c'est avec raison ; mais dans certaines circonstances, il paraît aussi servir à la larve pour reculer. C'est ce que nous avons observé chez celles de l'*Opilo domesticus ;* lorsqu'on leur présente un obstacle, elles reculent avec rapidité au moyen de leur fausse patte anale ; ce fait nous a frappé et l'on comprend facilement combien cet organe de rétrocession peut leur être utile dans certains cas. En effet, elles se nourrissent de larves xylophages qu'elles poursuivent dans leurs galeries, et, comme elles ne sont pas conformées pour creuser le bois, il doit leur arriver souvent d'être obligées de revenir sur leurs pas, mouvement qui est singulièrement facilité par la pseudopatte dont elles sont pourvues. Il faut remarquer cependant que l'anus peut se prolonger beaucoup sans servir à la progres-

sion. Chez les Lamellicornes et les Buprestides il est si développé, qu'on serait tenté de le regarder comme un dixième segment. Dans quelques familles, les Staphyliens, les Silphales, les Histériens, ce même segment terminal porte à sa partie supérieure des appendices mobiles et bi-articulés, de longueur variable ; chez les Carabiques, les Elatérides, les Clérides, les Mélyrides, quelques Dermestins, ce segment se prolonge en deux pointes cornées, simples ou bifurquées, nues ou sétigères, mais non mobiles; une seule espèce parmi les Carabiques, la *Galerita Lecontei*, fait exception sous ce rapport; ses appendices sont très-longs et multi-articulés.

Dans la grande majorité des espèces, les *stigmates* sont au nombre de neuf paires, dont une thoracique et huit abdominales. Les stigmates thoraciques sont situés sur le prothorax, ou dans le pli qui le sépare du mésothorax, ou enfin au bord antérieur du mésothorax; c'est le cas le plus commun. Ils sont en général plus grands que les stigmates abdominaux et placés sur un plan inférieur à ceux-ci. Ces derniers se trouvent sur les huit premiers segments abdominaux dont ils occupent les bords latéraux, et se voient tantôt vers la face dorsale, tantôt vers la face ventrale. Une modification bien remarquable nous est offerte par les larves aquatiques ; chez les Dytiscides, les Hydrophiliens, les *Donacia*, les huit premières paires de stigmates sont normalement disposées, mais la neuvième est reportée tout-à-fait à l'extrémité du huitième segment abdominal et dirigée en arrière. On sait que ces larves, du moins les premières, lorsqu'elles veulent respirer, viennent présenter à la surface de l'eau l'ouverture de ces stigmates. Cette disposition nécessitée par le milieu où vivent ces espèces, donne probablement aussi la raison de l'absence du neuvième segment abdominal, qui, ne portant pas d'ouverture respiratoire, eût été un obstacle à l'exercice de la fonction. Nous avons dit qu'en règle générale, il n'y a qu'une seule paire de stigmates thoraciques; on trouve cependant quelques exceptions à cet égard. Chez deux espèces exotiques de la famille des Lampyrides, outre les stigmates du mésothorax, il y en a encore sur le métathorax; dans l'*Hæmonia Gyllenhalii* Lac, la disposition est autre : il existe à la fois des stigmates prothoraciques et mésothoraciques. Dans cette dernière larve, il n'y a que sept paires de stigmates abdominaux, tandis qu'il y en a huit dans les deux premières, ce qui porte à dix le nombre total des paires de stigmates, fait exceptionnel sous un double rapport.

Après avoir envisagé les caractères des larves d'une manière générale, il serait à souhaiter qu'on pût les grouper autour d'un petit nombre de types et présenter dans un cadre restreint les rapports que ces types ont entre eux, en un mot, établir une bonne division des larves. Des essais de ce genre ont été faits.

Le premier en date est celui de M. Mac-Leay. Il établit ses types d'après la forme générale du corps, qu'il compare, souvent avec justesse, à celle des insectes sans métamorphoses. MM. Kirby et Spence ont adopté le même principe et augmenté beaucoup le nombre des types. Une troisième classification a été proposée par M. Burmeister, qui a pris pour point de départ la présence ou l'absence des pattes et leur développement plus ou moins complet. Il serait trop long d'exposer en détail ces divisions ; d'ailleurs Erichson en a déjà fait ressortir les défauts ; chacune d'elles présente beaucoup d'arbitraire et n'est guère susceptible d'une application rigoureuse. Le nombre des larves connues est d'ailleurs trop peu considérable encore pour qu'on puisse établir des classifications fondées sur des principes généraux, et l'on risque beaucoup de les voir renversées par les découvertes ultérieures.

Cette même considération fait comprendre qu'un arrangement nouveau des insectes en général ou des Coléoptères seulement à l'état parfait, arrangement basé sur leurs premiers états, est au moins prématuré. Le peu que nous connaissons des états antérieurs des insectes nous montre, au contraire, combien on doit être prudent dans les essais de ce genre et nous donne la mesure des espérances que l'on doit concevoir d'arriver un jour, au moyen des larves, à une disposition méthodique et stable des Coléoptères. Ainsi pour ne citer que deux ou trois exemples, n'eût-on pas cru *a priori*, que les larves des Elatérides et des Buprestides devaient présenter entre elles beaucoup d'analogie? il n'en est rien cependant, et l'on n'eût pas reconnu les rapports des deux groupes, si l'on n'avait eu pour guide que la forme des larves seulement. D'autre part, on trouve une ressemblance frappante entre les larves des Buprestides et celles des Lamiaires ; ces deux types sont cependant bien différents à l'état parfait et certainement très-éloignés l'un de l'autre dans la série naturelle. La larve du *Melasis* est extrêmement voisine de celle des Buprestides ; on aurait pu croire qu'elle devait plutôt ressembler à celle des Elatérides.

Cependant malgré ces cas remarquables, dont nous ne pouvons nous rendre compte dans l'état actuel de nos connaissances,

et font reconnaître qu'il en est une foule d'autres où l'étude des larves est venue confirmer les rapprochements qu'on avait faits, et l'on ne peut douter que, par la suite, cette étude ne devienne un guide pour reconnaître les analogies de certaines familles entre elles, en d'autres termes, que la connaissance des larves ne serve, en quelque sorte, de pierre de touche pour les systèmes nouveaux que l'on tenterait d'établir.

CICINDÉLÈTES.

On n'a connu jusque dans ces derniers temps que la larve d'une espèce indigène, la *Cicindela campestris*. Ses mœurs intéressantes avaient depuis très-longtemps attiré l'attention des naturalistes, et son histoire est actuellement bien connue. Les caractères suivants tracés par Erichson dans les Archives de Wiegman (1841, I, p. 69) sur cette seule larve conviennent, autant que nous avons pu en juger, aux espèces décrites depuis lors :

Tête cornée, à bouche dirigée en avant et même un peu en haut légèrement excavée à sa face supérieure, fortement convexe à la face opposée.

Ocelles au nombre de quatre de chaque côté : deux à la face supérieure assez gros, arrondis, portés sur un renflement commun; deux à la face inférieure, dont un dirigé en avant, l'autre en dehors.

Antennes de quatre articles, filiformes, insérées entre le tubercule stemmatifère et la base des mandibules.

Plaque sus-céphalique prolongée entre les mandibules, fermant la bouche en haut; lèvre supérieure nulle.

Mandibules libres, saillantes, dirigées en avant et en haut, falciformes, aigües, présentant à leur bord interne, près de la base, une forte dent triangulaire.

Mâchoires libres, formées d'une pièce cardinale allongée, dirigée obliquement en dehors; d'une pièce basilaire cylindrique, présentant sur son bord externe, vers le milieu de sa longueur, un renflement sur lequel s'articule un palpe de trois articles, et à son extrémité une pièce terminée par une épine crochue représentant l'un des lobes de la mâchoire; sans trace de second lobe maxillaire.

Lèvre inférieure supportée par un menton quadrangulaire, soudé à la plaque sous-céphalique; présentant antérieurement une

languette charnue, carrée, ciliée sur ses bords, et inférieurement deux palpes labiaux de deux articles chacun, supportés par des pièces palpigères séparées l'une de l'autre.

Segments thoraciques cornés en dessus; prothorax très-grand, semi-circulaire, à bord antérieur sinueux, de la largeur de la tête; mésothorax et métathorax beaucoup plus petits; chaque segment portant une paire de pattes bien développées, articulées sur les côtés du corps, formées d'une hanche allongée, cylindrique, libre; d'un trochanter plus court; d'une cuisse un peu plus longue; d'une jambe épineuse, de la longueur du trochanter; enfin d'un tarse très-court, terminé par deux ongles inégaux.

Segments abdominaux au nombre de neuf, recouverts en dessus et en dessous de petites plaques cornées, à l'exception du dernier auquel manque la plaque inférieure; le cinquième présentant en dessus deux forts mamelons charnus, portant dans leur centre une longue épine cornée, dirigée en avant, et à leur côté interne un renflement terminé par un petit article aciculé. Anus tubuleux, saillant, servant probablement à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, plus rapprochés de la région dorsale; la neuvième située sur le prothorax, immédiatement derrière le renflement qui porte les hanches des pattes antérieures.

Des caractères d'une grande importance distinguent les larves des Cicindélètes de celles des Carabiques. Les différences consistent dans le nombre des ocelles, le prolongement de la pièce basilaire des mâchoires au-delà de l'insertion des palpes maxillaires, le lobe de ces mâchoires formé d'un seul article, le développement de la languette, et surtout la direction et la mobilité des hanches. Une autre particularité qu'offrent les larves aussi bien que les insectes parfaits de cette famille, consiste dans la séparation des pièces articulaires des palpes labiaux.

Les larves des Cicindélètes habitent les lieux sablonneux et exposés au soleil; elles vivent de proie dont elles s'emparent par la ruse. Dans ce but, elles creusent, au moyen de leurs mandibules et de leurs pattes, un trou cylindrique, vertical et dont la profondeur varie de six à dix-huit pouces. A mesure qu'elles ont détaché quelque particule de terre ou de sable, elles en chargent le dessus de leur tête, grimpent peu à peu, se reposent par intervalles en se cramponnant aux parois de leur canal, à l'aide des deux mamelons

de leur dos, et, arrivées à l'orifice du trou, rejettent leur fardeau. Lorsque ce travail est terminé, elles se posent en embuscade à l'entrée de leur demeure, dont l'orifice est exactement fermé par la plaque de leur tête et celle du prothorax. Elles saisissent leur proie avec leurs mandibules, s'élancent même sur elle, la précipitent au fond de leur trou et y descendent aussi très-promptement. Cette proie consiste en petits Carabiques, en fourmis; quelquefois aussi elles s'attaquent aux autres larves de leur propre espèce et peut-être même aux insectes parfaits, car on en a trouvé des débris au fond de leur tanière. Elles ne déchirent pas cette proie, mais se contentent d'en extraire les sucs; c'est ce que prouvent d'une part les restes de leur chasse que l'on peut facilement retrouver, et, d'autre part, la petitesse de leur ouverture buccale. D'après les observations du docteur Schmidt, cette larve quitterait pendant la nuit son domicile pour aller à la recherche d'une proie qui lui a fait défaut pendant le jour. A l'approche de sa première métamorphose, elle ferme l'ouverture de sa retraite et reste dans l'immobilité; au bout de deux à trois semaines, l'insecte parfait est formé. Le plus ordinairement les Cicindèles s'accouplent au printemps; les jeunes larves chassent pendant l'été et se métamorphosent en automne. On voit apparaître à cette époque quelques individus à l'état parfait; mais le plus grand nombre reste caché sous terre pour se montrer seulement au printemps suivant.

Cicindela. L.

C. campestris. L.

Geoffroy, Hist. des ins. des env. de Paris, 1798, t. I, p. 159.

Desmarets, Bull. de la soc. philom. 1801-1804, t. III, pl. 24, fig. 2, 3, 4.

Clairville, Entom. helvétiq. t. II, 1806, p. 156.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. VIII, p. 196.

Kirby et Spence, Introd. to Entom. t. III, 1828, pl. XVII, fig. 13.

Latreille, Règne animal de Cuvier. (3e édit. Brux. 1836), t. II, p. 548.

Westwood, Ann. des scienc. nat. t. XXII, 1re sér. 1831, p. 299, pl. VIII, fig. 2-20.

Stephens, Brit. Entom. Mandib. t. I, p. 175.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des Ins. 1834, t. IV, Col. t. I, p. 52, pl. II, fig. 49.

Lacordaire, Faune entom. des env. de Paris. Coléop. 1835, t. I, p. 141.

Ratzeburg, Die Forstins. 1837, I. p. 25, pl. I, fig. 12.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 48, fig. 1, (7, 8, 9).

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 69.

Schmidt, Entomolog. Zeitung. zu Stett. 1842. p. 270, fig. IX, X,

Blisson, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1848, VI, 2e sér. p. 155, pl. VII, n° 2.

C. hybrida. L. (Pl. I, fig. 1).

La larve de cette espèce, dont la conformation est tout-à-fait la même que celle de la *C. campestris*, est d'un blanc jaunâtre sale, avec la face supérieure de la tête et du prothorax d'un rouge cuivreux à reflets métalliques assez vifs. Ces mêmes parties sont parsemées de longs poils grisâtres plus abondants sur les bords; ceux des autres parties sont plus rares et jaunâtres; les plaques écailleuses qui protégent les segments sont d'un brun plus ou moins clair, ainsi que l'extrémité des pattes et le dessous de la tête. Les ocelles supérieures sont très-grands, subhémisphériques; des deux ocelles inférieurs l'antérieur est de moitié plus petit, arrondi, moins saillant; le postérieur est à peine convexe et de forme elliptique.

Eucallia. Guér.-Ménev.

E. Boussingaultii. Guér.-Mén.

Guérin-Méneville, Magaz. de zoologie. 1844, 2e sér. VI, pl. 144.

La larve de cette espèce a été trouvée dans la Cordillère de la Colombie, par M. Goudot. M. Guérin-Méneville a déjà constaté la grande ressemblance qu'elle présente avec nos larves indigènes. Cet excellent observateur, à qui la science est redevable de tant de découvertes intéressantes, a bien voulu mettre cette larve à notre disposition, pour la comparer de plus près à celle de la *C. hybrida*. Malheureusement l'exemplaire est desséché et nous ne pouvons guère signaler, comme différences, que la couleur noire de poix du prothorax et de la tête, la teinte fauve des poils de ces mêmes par-

ties, et surtout la forme des ocelles qui tous sont arrondis, tandis que l'un de ceux de l'*hybrida* est elliptique.

Megacephala. Latr.

MM. Westwood et Bates, dans une notice publiée en 1852 dans les Trans. of the entom. soc. of London, sur ce genre, ont donné des figures de larves qu'ils ont rapportées avec doute aux espèces ci-dessous. Ils ont cru inutile d'en donner une description détaillée, à cause de la grande ressemblance qui existe entre ces larves et celles de nos pays.

M. curta? Reiche, Pl. VII, fig. 2. 2*a*.

M. Martii? Perty, Pl. VII, fig. 4.

M. Spixii? Brullé, Pl. VII, fig. 6, 6*a*, 6*b*.

CARABIQUES.

Les larves de cette famille, dont le nombre des espèces connues n'est pas bien considérable, présentent les caractères suivants :

Tête cornée, déprimée à la face supérieure, légèrement convexe à la face opposée, à bouche dirigée horizontalement.

Généralement six ocelles de chaque côté, disposés en deux séries sur un petit renflement immédiatement derrière l'insertion des antennes, de même grandeur, mais de formes différentes, les uns arrondis, les autres elliptiques.

Antennes filiformes, de quatre articles, le troisième portant ordinairement à son extrémité un petit article appendiculaire.

Plaque sus-céphalique saillante entre les mandibules et fermant la bouche en haut, sans chaperon ni lèvre supérieure distincts.

Mandibules saillantes, falciformes, aigües, munies vers leur base d'une forte dent aigüe.

Mâchoires libres, présentant une pièce cardinale très-courte, une pièce basilaire bien développée, portant un palpe maxillaire allongé, de quatre articles; munies en outre de deux lobes, l'un externe articulé, palpiforme, formé de deux pièces; l'autre interne représenté par un petit prolongement dentiforme.

Lèvre inférieure formée d'un menton soudé à la face inférieure de la tête; de deux pièces palpigères bien distinctes, soudées entre elles; de deux palpes labiaux bi-articulés et d'une languette représentée par un petit prolongement corné.

Thorax formé de trois segments peu différents des segments abdominaux, avec le prothorax plus long que les autres; chacun recouvert d'un écusson corné et muni d'une paire de pattes; celles-ci de médiocre longueur, formées d'une hanche longue, appliquée contre le corps, dirigée obliquement en dedans et en arrière; d'un trochanter et d'une cuisse d'égale longueur; d'une jambe plus courte, et d'un tarse terminé par deux ongles égaux; rarement par un seul (*Cillenum*).

Segments abdominaux au nombre de neuf, recouverts en dessus, comme les segments thoraciques, d'écussons cornés, et en dessous d'une plaque cornée, mince, moins développée, souvent divisée en plusieurs parties; de chaque côté de cette plaque s'élève un renflement longitudinal corné; dernier écusson dorsal muni de deux appendices terminaux simples, de forme et de longueur variables; anus prolongé en tube et servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, situées entre le bord externe des écussons dorsaux et les renflements cornés de la face ventrale; la neuvième paire placée à l'angle antérieur de la face inférieure du mésothorax.

Ces caractères, indiqués par Erichson dans les Archives de Wiegman (1841. I, p. 69), sont fondés sur un petit nombre d'espèces et peut-être plus tard devra-t-on les modifier sous plusieurs rapports. Ainsi déjà, deux des plus constants, c'est-à-dire les appendices terminaux du dernier segment et les deux ongles des tarses, présentent des exceptions (*Galerita Lecontei*, *Cillenum Leachii*).

La couleur générale de ces larves varie du brun clair au noir profond, et, par exception, au blanc jaunâtre. Elles sont très-agiles et vivent en vagabondes sur le sol; la plupart se nourrissent de proie, dont elles s'emparent de diverses manières. Ainsi les insectes, les chenilles, les mollusques surtout, forment leur nourriture la plus ordinaire; proie qu'elles ne déchirent pas, mais dont elles se bornent à extraire les sucs, circonstance qu'explique la petitesse de leur ouverture buccale. D'autres vivent de substances végétales; ce fait constaté pour le *Zabrus gibbus*, se retrouvera peut-être chez la plupart des larves des Harpaliens et des *Amara*.

Les détails que l'on a recueillis sur les métamorphoses de ces larves, sont trop peu nombreux pour que l'on puisse en rien dire

de général. La plupart s'enfoncent en terre pour subir leurs transformations, qui ont lieu tantôt en été, de sorte que l'on voit apparaître après cette époque une génération nouvelle; tantôt en automne, et, dans ce cas, les insectes parfaits ne se montrent qu'au printemps de l'année suivante. Quelques espèces présentent une double génération; telles sont certaines *Amara;* les individus du printemps s'accouplent et pondent des œufs; aux mois de juillet ou d'août les jeunes larves ont acquis tout leur développement, et les insectes parfaits qui en naissent dans le courant de l'automne peuvent encore faire une nouvelle ponte, de sorte qu'au printemps suivant on voit apparaître les individus issus de cette seconde génération. D'un autre côté plusieurs espèces demandent une, deux, et peut-être trois années pour parcourir les diverses phases de leur existence.

Outre les auteurs que nous aurons occasion de citer à propos de chaque espèce, nous indiquerons ici les ouvrages où l'on pourra trouver des considérations générales sur les larves de cette famille.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. VIII.

Clairville, Entom. helvét. 1806, t. II, p. 8.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des ins. Coléop. t. II, 1835, p. 19 et suiv.

Ratzeburg, Die Fortinsect. 1837, I. p. 21.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 65.

Erichson, Archiv de Wiegm. 1841, p. 69.

Tribu 1. Troncatipennes.

Galerita. Fabr.

G. Lecontei. Dej.

Sallé, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1849, t. VII, p. 298, pl. VIII, fig. 2. *a, c, d.*

La description donnée par M. Sallé, nous paraît exposée un peu brièvement, vu l'importance, dans l'état actuel de la science, de la connaissance de cette espèce. M. Guérin-Méneville a bien voulu nous communiquer cette larve curieuse et nous pouvons ainsi signaler les points passés sous silence par M. Sallé.

Tête de grandeur médiocre, fortement rétrécie à sa partie pos-

térieure, présentant sa plus grande largeur vis-à-vis de l'insertion des antennes.

Plaque sus-céphalique lisse, parsemée de quelques poils fauves, présentant de chaque côté, en dedans des antennes, une forte impression allongée, et au milieu du bord antérieur un prolongement subcylindrique, à base large et longuement bifurqué; chaque branche terminée par une soie allongée; point de chaperon ni de lèvre supérieure.

Antennes extrêmement longues, portées sur des prolongements latéraux de la plaque sus-céphalique, formées de quatre articles: le premier cylindrique, aussi long que les trois suivants réunis; le deuxième et le troisième égaux en longueur; le quatrième moins allongé, un peu en losange et portant deux à trois soies grêles et longues; les autres articles parsemés seulement de quelques soies plus courtes.

Ocelles au nombre de six de chaque côté, disposés en deux séries transversales derrière l'insertion des antennes : les antérieurs arrondis, les postérieurs oblongs.

Mandibules assez longues, aigües, falciformes, présentant à leur bord interne une forte dent triangulaire.

Mâchoires libres, à pièce cardinale peu distincte; pièce basilaire très-allongée, subcylindrique, portant quelques soies raides et munie à son extrémité antérieure d'un palpe maxillaire filiforme, de quatre articles croissant un peu en longueur du premier au dernier; d'un lobe maxillaire externe, mobile et formé de deux pièces dont la terminale un peu plus longue et plus grêle que la première, enfin d'un petit tubercule terminé par une soie et représentant le lobe interne.

Lèvre inférieure composée d'un menton longitudinal allongé, de deux pièces palpigères confondues, formant un corps subquadrangulaire échancré dans son milieu, et offrant à cet endroit un prolongement charnu muni d'une soie et représentant la languette; palpes labiaux de deux articles assez longs.

Segments thoraciques protégés en dessus par des écussons cornés, plus longs que les segments abdominaux; prothorax presque aussi long que les deux segments suivants réunis, fortement rétréci en avant, un peu moins en arrière; mésothorax et métathorax un peu plus larges; pattes extrêmement allongées; cet allongement portant assez régulièrement sur chacune des parties composantes, sauf le trochanter qui a conservé sa brièveté ordinaire; tarse ter-

miné par deux ongles presque égaux; hanches antérieures munies antérieurement de quelques épines dures et raides; le reste de ces pattes, ainsi que celles des paires postérieures, parsemées de soies spiniformes d'autant plus nombreuses qu'elles se rapprochent de l'extrémité de l'organe.

Segments abdominaux allant graduellement en se rétrécissant des antérieurs aux postérieurs; munis chacun en dessus d'un écusson subcorné, à surface finement rugueuse; segment terminal portant un anus tubuleux, servant probablement à la progression, et deux appendices filiformes, munis de quelques soies, à-peu-près de la longueur du corps et formés de 25 à 26 articles un peu inégaux en longueur.

Le corps de cette larve, long de cinq à six lignes, est d'un brun noirâtre mat, sauf le prothorax et la paire de pattes antérieures qui sont plus clairs; les parties inférieures sont roussâtres. Elle présente plusieurs particularités remarquables; toutes les parties appendiculaires : pattes, antennes, palpes, sont grêles et allongées; la plaque sus-céphalique porte une longue corne bifurquée; enfin les appendices postérieurs sont multi-articulés. Ce dernier point est une exception unique jusqu'ici dans la famille des Carabiques, et si nous n'avions pris toutes les précautions nécessaires pour nous assurer du fait, nous aurions pu craindre une illusion; mais on voit très-bien, même à l'aide seulement d'une loupe ordinaire, la séparation des articles; chacun d'eux est un peu renflé à son extrémité postérieure, et, en fléchissant légèrement l'appendice, on voit la flexion s'effectuer non dans la longueur des articles, mais dans les points de leur jonction.

Cette larve a été trouvée par M. Sallé aux environs de la Nouelle-Orléans. Il l'a rencontrée, en compagnie de nymphes et d'insectes parfaits, sous des bûches fortement enfoncées dans les terres sablonneuses des rives du Mississipi; les métamorphoses ont lieu en terre, dans une faible coque construite avec des fils soyeux et de la terre. On la trouve depuis le mois de juillet jusqu'en octobre.

Anthia. Weber.

A. sexguttata. Fabr.

La larve décrite et figurée sous ce nom est celle d'un Elatéride; elle a été reproduite par différents auteurs. Voyez *Agrypnus fuscipes.*

Tribu 2. Scaritides.

Pasimachus. Bonel.

P. elongatus. Le Conte.

Le Conte, Annal. Lyc. N.-York, t. IV, p. 145.

La larve de cette espèce, au rapport de cet auteur, vit à la manière de celle des *Cicindela;* d'autres du même genre se trouvent sous les écorces.

Ditomus. Bonel.

D. Bucephalus. Oliv.

Latreille, Règn. anim. de Cuv. 3e éd. Brux. 1836, t. II, p. 345.

Tribu 3. Simplicipèdes.

Cychrus. Fabr.

C. rostratus. L.

Heer, Observ. entomol. 1836, p. 14.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 68, fig. 2. (5).

Cette larve, très-voisine de celle des *Carabus*, s'en distingue par sa couleur brune et le dernier segment abdominal qui, au lieu d'être muni de deux cornes, présente quatre dents sur son bord postérieur.

Procrustes. Bonel.

P. coriaceus. Fabr.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des insect. t. V, 1835, Coléop. II, p. 95, pl. IV, fig. 6.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 67.

Cette larve se distingue de celles des *Carabus* par la présence d'un tubercule frontal de chaque côté en dedans des ocelles, tandis que chez les *Carabus*, il n'y en a qu'un seul médian.

Carabus. L.

C. auronitens. Fabr.

Heer, Observat. entomol. 1836, p. 8.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, t. I, p. 28.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 67, fig. 2. (1. 2.)

C. depressus. Bonel.

Heer, Observat. entomolog. 1836. p. 10.

C. hortensis. L.

Heer, Observ. entomol. 1836, p. 12.

? De Geer, Mém. t. V, 1775, Mém. VIII, p. 395, pl. XII, fig. 1, a décrit et figuré la larve d'un *Carabus*, mais n'a pas su à quelle espèce il devait la rapporter.

Calosoma. Web.

C. sycophanta. Fabr.

Réaumur, Mém. t. II, 1737, Mém. XI, p. 457, pl. XXXVI, fig. 14-19.

Latreille, Hist. nat. des crust. et des ins. 1802-1805, T. VIII, p. 295.

Clairville, Entom. helvétiq. 1798-1806, p. 134.

Burmeister, Trans. of the entom. soc. of Lond. 1836, T. I, p. 235, Pl. 23 et 24. Détails anatomiques de la larve.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des ins. T. V, 1835, Coléop. II, p. 91.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, I, p. 27, Pl. I, fig. 11.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, T. I, p. 65.

C. inquisitor. L.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841. p. 72. Erichson, qui a pu étudier cette larve, ne l'a pas trouvée différente de celle du *sycophanta*, à part la taille moins considérable.

C. auropunctatum. Payk.

Lucas, Explor. scient. de l'Algérie. Entom. 1847, p. 37, Pl. V, fig. 7. a-g.

C. scrutator. Fabr. (Pl. I. fig. 4. *ocelles*).

La larve de cette espèce, rapportée de la Nouvelle-Orléans, nous a été communiquée par M. Guérin-Méneville. Elle diffère peu des autres larves de ce genre; cependant comme nous n'avons encore

donné aucun type de ce groupe, en voici une description suffisamment détaillée :

Tête assez forte, un peu moins large que le prothorax, légèrement excavée en dessus, avec un tubercule mousse et aplati au milieu du front, et en avant un sillon médian; plaque sus-céphalique prolongée à angle droit au-dessus de la base des mandibules, à bord antérieur légèrement échancré et muni dans son milieu de deux petites pointes.

Ocelles au nombre de six de chaque côté; ceux de la série postérieure ovalaires, de même que le plus interne des trois de la série antérieure.

Antennes courtes, cylindriques, de quatre articles; le premier court, le deuxième un peu plus long, le troisième de même longueur que le premier, dilaté à son extrémité et portant en dehors un très-petit article appendiculaire, le quatrième beaucoup plus grêle que les précédents et plus long que le premier.

Mandibules fortes, courtes, munies d'une dent vers leur base.

Mâchoires à pièce cardinale annulaire, pièce basilaire courte, presque aussi large que longue, ciliée en dedans, coupée antérieurement à angle droit; palpe maxillaire cylindrique, allongé, de quatre articles; les trois premiers de même longueur, le terminal du double plus long que l'un des précédents; en dedans du palpe se voient les deux lobes : l'externe de deux articles subégaux, l'interne d'un seul article court, terminé par une soie.

Lèvre inférieure à menton très-court, pièces palpigères soudées, un peu divergentes à leur extrémité, présentant entre elles un petit tubercule charnu; palpes labiaux formés de deux articles, dont le terminal est presque du double plus long que le premier.

Segments thoraciques entièrement recouverts chacun d'un écusson carré; prothorax aussi long que les deux suivants réunis, très-légèrement rétréci en avant; pattes robustes, fortement épineuses en dedans et terminées par deux ongles égaux.

Segments abdominaux à peu près égaux en longueur, un peu plus larges que les segments thoraciques, non entièrement recouverts par leurs écussons; ceux-ci de consistance cornée, parsemés de points allongés transversalement; tous, sauf le dernier, divisés par un sillon médian qui part du bord antérieur du prothorax; latéralement des bourrelets longitudinaux; segment terminal muni de deux pointes courtes, de la longueur du segment précédent, droites,

aiguës, éloignées à leur base et portant à leur bord supérieur une très-petite pointe. En dessous, chaque arceau ventral présente antérieurement une plaque cornée ovalaire, en arrière quatre points cornés, et latéralement de chaque côté un bourrelet corné, longitudinal.

Stigmates normaux.

Cette larve est d'un noir brunâtre en dessus; les plaques cornées de la face inférieure sont d'un brun plus clair; le reste est d'un jaune sale.

Nebria. Latr.

N. Germari. Heer.

Heer, Die oberst. Grenz. d. Thier-und Pflanz. Lebens. 1846, p. 16, fig. 7.

N. brevicollis. Fabr.

Blisson, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1848, T. VI, 2. sér. p. 73, Pl. 1, n° II, fig. 1-10.

Omophron. Latr.

O. limbatum. Fabr.

Desmarest, Bullet. de la soc. philom. 1801-1804, T. III, Pl. 24, fig. 1.

Latreille, Hist. nat. des crust. et des ins. 1802-1805, T. VIII, p. 279. Ce célèbre entomologiste donne une longue description de cette larve, d'après une note que lui avait communiquée Desmarest; quelques points demandent de nouvelles observations, notamment les antennes et les filets terminaux du dernier segment abdominal.

Clairville, Entomol. helvét. 1798-1806, T. II, p. 172.

Sturm, Deutschl. Insect. 1827, T. VII, p. 149, Pl. 184.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des ins. T. V, 1835. Coleopt., T. II, p. 24, Pl. V, fig. 3.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, T. I, p. 70, fig. 2. (7).

Tribu 4. Patellimanes.

Chlænius. Bonel. (Pl. I. fig. 2).

La larve que nous décrivons ici nous a été communiquée par M. Jacquelin-Duval, qui l'a trouvée sur le bord des eaux. Sa déter-

mination n'est pas rigoureuse et nous ne la rapportons à ce genre que par voie d'exclusion. Nous ne donnerions pas sa description, si elle ne présentait un type particulier dans la famille actuelle.

Tête extrêmement petite, de moitié moins large que le prothorax, déprimée en dessus, légèrement convexe en dessous; plaque sus-céphalique présentant deux fortes impressions longitudinales en dedans des antennes, et six ocelles disposés comme d'habitude.

Antennes filiformes, portées sur un petit prolongement de la plaque sus-céphalique, de quatre articles; les deux premiers subcylindriques, égaux; le troisième un peu plus long, légèrement renflé à son extrémité, coupé obliquement en dehors et présentant à cet endroit un petit renflement charnu rétractile; le quatrième n'égalant pas en longueur la moitié du précédent, cylindrique et un peu acuminé à l'extrémité.

Mandibules robustes, arquées, présentant vers leur base une forte dent recourbée, insérées en dedans de l'articulation des antennes.

Mâchoires rapprochées du menton, à pièce cardinale peu distincte, pièce basilaire médiocrement longue, dépassant les mandibules, ciliée en dedans, portant à son extrémité extérieurement un gros palpe de quatre articles : le premier gros et court, le deuxième du double plus long, le troisième beaucoup plus court, le quatrième conique et de moindre longueur encore; en dedans du palpe, le lobe maxillaire externe composé de deux articles : le premier assez allongé, dépassant de moitié l'article basilaire du palpe, le second plus grêle et plus court; lobe interne placé sur un plan un peu postérieur, formé d'un article grêle, acuminé, terminé par une soie.

Lèvre inférieure composée d'un menton quadrangulaire, charnu, soudé à une portion de la plaque sous-céphalique, limitée par deux forts sillons jusqu'à la base de la tête; pièces palpigères assez grosses, soudées en un corps échancré antérieurement et présentant dans son milieu un petit tubercule charnu, setigère, dernier vestige de la languette; palpes labiaux de deux articles.

Prothorax peu développé, entièrement couvert d'un écusson corné, lisse, bossué, de forme irrégulièrement hexagonale; les deux segments suivants transversaux, peu allongés, recouverts d'écussons cornés; chaque segment portant une paire de pattes courtes et robustes, formées des pièces normales.

Segments abdominaux un peu plus longs que les deux derniers

segments thoraciques, croissant en largeur jusque vers le quatrième, puis diminuant peu à peu ; recouverts chacun en dessus d'une plaque cornée transversale, divisée dans son milieu par un fort sillon longitudinal, qui, partant du bord antérieur du prothorax, se continue jusqu'au segment terminal ; de chaque côté du sillon les plaques présentent quelques fines stries ondulées, transversales ; un peu en dehors de ces plaques on observe de chaque côté des arceaux dorsaux un prolongement assez fort, conique, à base large et dirigé obliquement en arrière, ce qui donne à la larve vue d'en haut un aspect tout particulier. En dessous les segments abdominaux sont protégés par des écussons subcornés, médians, et latéralement par des bourrelets longitudinaux. Segment terminal muni en dessus de deux appendices très-rapprochés, égalant en longueur les deux derniers segments, terminés par une extrémité obtuse et portant sur leur surface quelques renflements irrégulièrement disposés.

Stigmates en nombre normal ; ceux de l'abdomen placés entre les écussons dorsaux et les prolongements latéraux coniques, dont nous avons parlé.

Cette larve, longue de sept à huit lignes, a une forme ovoïde allongée, rétrécie en avant ; elle est d'un noir brillant en dessus et d'un brun noirâtre en dessous. Elle offre à peine quelques poils roussâtres sur la tête et les parties de la bouche ; le reste est glabre. Elle est surtout remarquable par la petitesse de la tête et les prolongements latéraux de l'abdomen.

Dicœlus. Bonel.

D. violaceus. Bon.

Cette larve, qui vient de la Nouvelle-Orléans, nous a été communiquée par M. Guérin-Méneville. Nous ne pouvons la décrire, attendu qu'elle est desséchée et que les articles des palpes et des antennes ont disparu. Nous ferons cependant remarquer qu'elle est formée sur le même type que la larve qui précède, notamment pour la forme générale, la petitesse de la tête, la disposition des ocelles et celle des mâchoires, enfin les prolongements latéraux qui caractérisent cette dernière. Comme le *Dicœlus violaceus* à l'état parfait, elle est d'un beau bleu clair, et en outre généralement chagrinée.

Tribu 5. Féroniens.

Calathus. Bon.

C. latus. Dej.

Bertolini, Novi comment. acad. scient. Bonon. 1859, T. III, p. 205, Pl. XVII, fig. 9-12. La larve décrite et figurée sous ce nom n'appartient pas à un Carabique ; c'est la larve d'un Mélasome ou plutôt d'un Elatéride.

Sphodrus. Clairv.

S. leucophthalmus. L.

Acrel, Nov. act. Upsal. T. VI, 1799, p. 116. Sans description.

Pristonychus. Dej.

P. terricola, Illig. (Pl. I. fig. 5).

Nous avons pu observer une dizaine de larves, trouvées dans une cave, en compagnie de *Pristonychus terricola* et de *Sphodrus leucophthalmus* à l'état parfait ; mais malheureusement nous n'avons pas pû les conserver jusqu'à leur dernière métamorphose. Pendant tout le temps que nous les avons nourries, elles n'ont guère changé de taille, ce qui nous porte à croire qu'elles étaient adultes. Quelque circonstance inconnue s'est opposée à leur métamorphose en nymphe. La petitesse de leur taille (elles mesuraient à peine 7 ½ à 8 ½ lignes) et la plus grande abondance du *Pristonychus* dans cette cave, nous autorise à penser que ces larves appartenaient bien à cette dernière espèce.

Tête subquadrangulaire, cornée, à peu près de la largeur du prothorax, médiocrement excavée en dessus, présentant à sa face supérieure quatre impressions sinueuses, larges, peu profondes, situées deux à deux sur les côtés de la ligne médiane.

Ocelles au nombre de trois de chaque côté, ovalaires, presque contigus, placés obliquement sur la face antérieure d'un petit renflement situé immédiatement derrière l'insertion des antennes ; on aperçoit encore en arrière de ces ocelles trois petits points noirs, arrondis, disposés sur une ligne courbe et que l'on peut considérer comme les derniers vestiges de la rangée postérieure des ocelles des autres larves de Carabiques ; ces stemmates sont assez difficiles à distinguer.

Antennes insérées latéralement, très-près et un peu en dehors de l'articulation des mandibules, formées de quatre articles : le premier long, cylindrique, le deuxième plus court, le troisième de moindre longueur encore, présentant à son extrémité légèrement renflée, une troncature oblique regardant en dehors et supportant un petit tubercule mousse; en dedans de celui-ci s'élève le quatrième article, court, grêle et muni de quelques soies.

Plaque sus-céphalique légèrement sinuée sur les côtés, sans chaperon, ni languette.

Mandibules courtes, médiocrement fortes, présentant vers le milieu de leur bord interne une petite dent triangulaire.

Mâchoires formées d'une pièce cardinale très-courte, d'une pièce basilaire subcylindrique, légèrement courbée en arc à convexité externe et ciliée sur son bord interne; à son extrémité elle présente deux lobes : l'interne d'une seule pièce aciculée; l'externe de deux, dont la première beaucoup plus allongée que la seconde; palpes maxillaires de quatre articles; le premier très-court et gros, le deuxième cylindrique très-allongé, le troisième et le quatrième très-courts; ce dernier aciculé.

Lèvre inférieure présentant un menton court, charnu; des pièces palpigères très-grosses, complètement soudées en un corps quadrangulaire silloné dans son milieu, dernier indice de la suture, et portant à leurs angles externes des palpes labiaux distants l'un de l'autre, formés de deux articles dont le premier est beaucoup plus gros et du double plus long que le second.

Prothorax un peu plus large que la tête, moins large que les segments suivants, muni en dessus d'un écusson écailleux, lisse, et en dessous d'une petite plaque sternale parcheminée; les deux autres segments semblables aux segments abdominaux, seulement leurs écussons dorsaux sont un peu plus étendus; pattes médiocres, spinuleuses, formées des parties ordinaires et terminées par deux ongles égaux.

Segments abdominaux s'élargissant jusque vers le milieu de la longueur du corps, protégés en dessus par des écussons transversaux, cornés, diminuant graduellement de dimension des antérieurs aux postérieurs, sans former de saillie sur les côtés; latéralement chaque arceau présente un bourrelet corné disposé obliquement en dessous des plaques médianes subcornées, et latéralement des bourrelets longitudinaux de même nature. Segment terminal petit,

entièrement corné, portant en dessus deux longs appendices inarticulés, immobiles, munis de longues soies implantées obliquement sur de petits renflements; et en dessous un anus tubuleux, conique, servant à la progression.

Stigmates normaux.

Cette larve est de forme allongée, un peu déprimée, légèrement renflée au-delà du milieu de sa longueur, et recouverte de quelques poils épars, fauves, plus nombreux sur les parties latérales et postérieures. Sa couleur est d'un blanc jaunâtre mat, sauf la tête et le prothorax qui sont lisses et d'un brun rougeâtre assez foncé; les autres parties cornées sont d'un brun rougeâtre plus clair. Elle paraît se nourrir de larves de *Blaps* et de *Tenebrio*, qui habitent les mêmes lieux qu'elle.

Mormolyce. Hagenb.

M. phyllodes. Hag.

Verhuel, Ann. des sc. nat. 3e sér. 1847, T. VII, p. 344. Pl. VII, fig. 1-6. La description est incomplète. (Erichs. Archiv, 1847, p. 56).

Feronia. Latr.

F. striola. Fabr.

Goedart, Hist. nat. des ins. (Trad.) 1700. T. II, p. 70, Exp. 19.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des insect. T. V, 1835, Coleopt. T. II, p. 19. Ces auteurs pensent que la description de Goedart rapportée par Latreille à la *Feronia striola*, pourrait tout aussi bien s'appliquer à un *Harpalus*.

Westwood, Introd. to the mod. Class. 1839, T. I, p. 70, fig. 2 (4-5) a décrit et figuré une larve de Carabique qu'il rapporte à la *Feronia melanaria*, ou au *Steropus madidus*.

Zabrus. Clairv.

Z. gibbus. Fabr.

Germar, Magaz. der Entomol. 1813, T. I, p. 1, Pl. I, fig. 1-5.

Sturm, Deutschl. Insect. T. IV, 1848, p. 129, Pl. 98.

Zimmerman, Monogr. des Carab. 1831, p. 27.

Audouin et Brullé, Hist. natur. des ins. T. V, 1835, Col. II, p. 21.

Bertolini, Novi comment. acad. scient. Bonon. 1859, T. III, p. 197, Pl. XVII, fig. 1-8.

D'après Zimmerman, cette larve se distingue de celles des *Harpalus* qu'il a aussi pu examiner, par son prothorax bordé et les tubercules de la face ventrale de l'abdomen; de celles des *Amara* et des *Pœcilus* par la largeur du corps et la brièveté des appendices caudaux. La larve du *Zabrus* se cache tout le jour et ne sort que la nuit; c'est alors qu'elle mange les tiges des végétaux et surtout leur moëlle; elle semble ne vivre que de céréales, tels que le blé, le froment, l'orge. Elle subit ses métamorphoses en terre, dans une excavation arrondie, terminant une galerie longue de cinq à six pouces en dessous du sol.

Amara. Bon.

A. trivialis. Duft.

Zimmerman, Monagr. des Carab. 1831. p. 27. L'auteur ne décrit pas cette larve, mais se contente de la comparer à celle des *Zabrus*. Dans sa monographie des *Amara*, traduite dans la revue entomologique de Silberman, cet excellent observateur avait déjà donné des détails étendus sur les mœurs de ce genre.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des ins. T. V, 1835, Col. II, p. 24. Extrait de l'article de Zimmerman.

Tribu 6. Harpaliens.

Tribu 7. Subulipalpes.

Æpus. Leach.

Æ. Robinii. La Boulbène.

Coquerel, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1850, T. VIII, 2e sér. p. 529, Pl. XVI, n° III, A, B, C.

Cette petite larve que l'on trouve dans les mêmes lieux que l'insecte parfait dont elle a aussi les mœurs, est remarquable par la grandeur de la tête et des mandibules, qui rappelle les larves de l'*Omophron*. Elle offre des palpes maxillaires de trois articles seulement, et les deux derniers stigmates sont remarquables par leur grandeur; M. Coquerel n'a pas signalé d'ocelles.

Cillenum. Leach.

C. Leachii. Dej.

Fairmaire, Ann. de la soc. entom. de Fr. T. X, 1852, 2e sér.

M. L. Fairmaire, qui a découvert cette larve, et qui en publiera incessamment l'histoire dans le tome X des Annales de la Société Entomologique, a bien voulu nous communiquer un exemplaire de de cette espèce intéressante. Nous avons pu constater qu'elle offre une exception unique jusqu'ici dans la famille des Carabiques, ses tarses étant terminés par un ongle simple. Elle présente du reste les autres caractères de la famille, pour ce qui regarde les appendices simples du segment terminal, les six ocelles de chaque côté, les mandibules dentées, la conformation des mâchoires, etc.

DYTISCIDES.

Le nombre des larves connues de cette famille est extrêmement restreint, et la science ne possède guère sous ce rapport que les détails exposés par les premiers naturalistes. Ces larves, dont le type est fourni par le *Dytiscus marginalis*, présentent les caractères suivants :

Tête à bouche horizontale et antérieure, cornée, très-faiblement convexe en dessus, plane en dessous, rétrécie à sa base.

Ocelles au nombre de six de chaque côté, disposés en deux séries transversales et formant un petit groupe; de grandeur à peu près égale, mais de formes différentes : les plus externes arrondis, les médians elliptiques, les internes très-allongés.

Antennes articulées sur les côtés de la tête, grêles, filiformes, de quatre articles; l'article terminal petit, subulé; dans les larves adultes les trois premiers présentent encore chacun un petit article basilaire, de sorte que si l'on compte séparément chaque article, leur nombre total est porté à sept.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct, faisant saillie entre les mandibules et fermant la bouche en haut.

Lèvre supérieure nulle.

Mandibules simples, falciformes, aiguës, se recouvrant au repos.

Mâchoires tout-à-fait libres, articulées à une certaine distance de la lèvre inférieure; présentant une pièce cardinale extrêmement courte; une pièce basilaire cylindrique, ressemblant tout-à-fait à un

palpe et munie à son extrémité d'un lobe rudimentaire, formé par un petit article simple, crochu et articulé. Palpe maxillaire également articulé à l'extrémité des mâchoires, de quatre articles : le premier court, les autres allongés; chez les larves adultes chacun des trois articles terminaux présentant un petit article basilaire, ce qui fait paraître le palpe formé de sept articles.

Lèvre inférieure composée d'un menton court et charnu, de deux pièces palpigères cornées, complètement soudées entre elles et formant une pièce transversalement quadrangulaire; pas de trace de languette; palpes labiaux bi-articulés; chaque article présentant chez les larves adultes, un petit article basilaire, ce qui porte à quatre le nombre total.

Thorax formé de segments semblables aux segments abdominaux; prothorax un peu plus long que les autres, présentant en dessus un écusson assez étendu, et en dessous, immédiatement au-devant des hanches antérieures, une petite plaque écailleuse; les deux autres segments sont recouverts d'écussons semblables à ceux des segments abdominaux.

Pattes allongées, composées d'une hanche épaisse, allongée, articulée près du bord latéral, appliquée contre le corps et dirigée obliquement en arrière et en dedans; d'un trochanter court, d'une cuisse plus longue, d'une jambe moins allongée, d'un tarse de moitié plus court et terminé par deux ongles.

Segments abdominaux au nombre de huit, recouverts en dessus d'écussons cornés; segment terminal entièrement corné et subcylindrique, présentant à son extrémité deux appendices articulés, formés d'une seule pièce.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont sept sur les sept premiers segments abdominaux, près du bord externe des plaques dorsales; la huitième située à l'angle antérieur de la face inférieure du mésothorax, au devant de l'articulation des hanches, la neuvième à l'extrémité du huitième segment abdominal et très-rapprochée de l'ouverture anale.

Ces généralités que nous avons extraites du travail d'Erichson publié dans les Archives de Wiegman (1841, I, p. 74), montrent l'analogie qui existe entre cette famille et celle des Carabiques, quoique l'on trouve cependant des différences assez saillantes : ainsi, chez les Dytiscides, les mandibules sont inermes, les lobes des mâchoires sont simples et uni-articulés, la lèvre inférieure manque

entièrement de languette, les appendices terminaux sont mobiles et le corps n'est formé que de onze segments.

Les antennes et les palpes offrent une particularité bien remarquable et qui ne se retrouve dans aucune autre famille des Coléoptères ; c'est de présenter chez les individus adultes, des pièces rudimentaires à la base des articles. A la rigueur ce sont autant d'articles distincts ; cependant la disposition de ces petites pièces et l'analogie autorisent à les regarder seulement comme des appendices, et à ne pas les compter dans le nombre des articulations de l'antenne ou du palpe.

Ces larves dont le corps est presque translucide, vivent dans les eaux stagnantes ; leurs pattes sont munies de cils natatoires ; elles sont très-carnassières et ont un aspect féroce. De même que celles des Carabiques elles ne déchirent pas leur proie, qui consiste principalement en mollusques ; la succion s'opère ici par les mandibules qui présentent un sillon à leur face interne et une ouverture à leur base. Quoique les stigmates des huit paires antérieures ne soient pas fermés, ceux du huitième segment servent beaucoup plus que les autres à l'introduction de l'air dans les trachées, et les appendices terminaux sont destinés à maintenir pendant quelques instants leur ouverture à la surface de l'eau. Nous retrouverons quelque chose d'analogue dans un groupe bien éloigné de la famille qui nous occupe, celui des *Donacia*.

Les Dytiscides vivent probablement plusieurs années à l'état de larve ; celle-ci sort de l'eau pour subir ses transformations et creuse dans le sable des rivages une petite loge arrondie.

Mouffet, Insect. sive minim. anim. Theat. 1634, p. 320.

Swammerdam, Biblia naturæ, 1685, pl. 29.

Lyonnet, Mém. posth. 1760 (publié en 1832), p. 108.

Rœsel, Insect. Belustig. 1746, t. II.

De Geer, Mém. 1774, t. IV, Mém. VIII.

Clairville, Entomol. hélvét. 1798-1806, t. II, p. 204.

Latreille, Hist. nat. des crust. et des ins. 1802-1805, t. VIII, p. 137.

Audouin et Brullé, Hist. natur. des ins. 1835, t. V, Coléop. II, p. 191.

Erichson, Genera Dytic. 1832, p. 15.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 99.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 74.

Dytiscus. L.

D. marginalis. L. (Pl. I, fig. 5).

Mouffet, Insect. sive minim. anim. Theat. 1634, p. 320.

Swammerdam, Biblia natur. 1685, Pl. 29.

Rœsel, Ins. Belustig. 1746, t. II, cl. I, Pl. XI, fig. 5-6.

Lyonnet, Mém. posth. 1760, p. 108, Pl. XI, fig. 1-2.

Latreille, Hist. nat. des crust. et des ins. 1802-1805, t. VIII, Pl. LXX, fig. 6.

Kirby et Spence, Introd. to entom. 1828, t. III, Pl. 18, fig. 5.

Clairville, Entom. helv. 1806, t. II, p. 204.

Sturm, Deutschl. Insect. 1834, t. VIII, p. 11, Pl. 186.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des ins. 1835, t. V, Coléop. II, p. 194, Pl. IX, fig. 5-6.

Curtis, Trans. of the entom. society of Lond. t. I, p. 86.

Erichson, Gener. Dytic. 1832, p. 14.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 99, fig. 5 (1-15) fig. 6 (1-8). Dans cette espèce la plaque sus-céphalique est arrondie à sa partie antérieure et légèrement rebordée.

Cybister. Curtis.

C. Rœseli. Fabr.

Rœsel, Insect. Belustig. 1746, t. II, cl. I, Pl. II, fig. 1.

Clairville, Entom. helv. 1806, t. II, fig. 190.

Sturm, Deutschl. Insect. 1834, t. VIII, p. 65, Pl. 193.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 101, fig. 5 (15).

Cette larve se distingue de la précédente par le bord antérieur de la plaque sus-céphalique, qui est échancré et muni d'une corne dans son milieu; les appendices du dernier segment manquent, mais les deux segments terminaux sont recouverts sur leurs bords de longs cils natatoires.

Acilius. Leach.

A. sulcatus. L.

Rœsel, Insect. Belustig. 1746, t. II, cl. I, Pl. III, fig. 3, 4.

De Geer, Mém. 1774, t. IV, Mém. VIII, p. 383, Pl. XV, fig. 8-15.

Ramdohr, Abhandl. über die Verdaungswerz. der Insect. 1811, p. 80, Pl. II, fig. 2 ; anatomie.

Sturm, Deutschl. Insect. 1834, t. VIII, p. 33, Pl. 190.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 101, fig. 6 (4).

La larve de l'*Acilius* est bien caractérisée par la grande longueur et l'étroitesse du segment prothoracique.

Noterus. Clairv.

N. crassicornis. Müll.

Erichson, Genera Dyticeor. 1832, p. 14.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 102, fig. 6 (5-8).

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, p. 75.

Cette larve présente, comme celle du *Cybister*, une longue corne au milieu du bord antérieur de la plaque sus-céphalique ; mais de plus le segment terminal se prolonge en une pointe égalant presque en longueur les appendices inférieurs de ce segment.

GYRINIDES.

Les renseignements que l'on possède sur les larves de cette famille laissent beaucoup à désirer. Depuis Modeer, qui a donné à peu près tout ce que l'on connaît encore actuellement sur ce sujet, personne n'a eu l'occasion de les observer à l'état adulte. De Geer cependant a donné la figure d'une très-jeune larve et c'est d'après lui qu'Erichson a tracé les caractères suivants :

Tête allongée, déprimée.

Ocelles placés sur les côtés de la tête et compris dans une tache obscure.

Antennes articulées latéralement, de quatre articles : le premier court et gros, les autres plus grêles.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct, s'avançant entre les mandibules, fermant la bouche en haut et munie de deux dents sur son bord antérieur.

Lèvre supérieure non distincte.

Mandibules inermes, falciformes, se recouvrant au repos.

Mâchoires et lèvre inférieure inconnues ; les figures données par

De Geer laissent apercevoir des palpes et un rudiment de lobe maxillaire.

Thorax formé de trois segments plus développés que ceux de l'abdomen; pattes de médiocre longueur, formées d'une hanche épaisse, d'un petit trochanter, d'une cuisse plus longue, d'une jambe plus courte, enfin d'un tarse plus allongé et terminé par deux ongles.

Segments abdominaux au nombre de huit; les sept premiers présentant de chaque côté un long appendice filiforme, cilié; le huitième deux de chaque côté; anus saillant, muni de quatre petites pièces crochues.

Stigmates? Les appendices latéraux de l'abdomen, parcourus par un vaisseau sanguin, flottent dans l'eau et servent probablement de branchies.

D'après les observations de Modeer, les Gyrins déposent leurs œufs sur les feuilles des plantes aquatiques et les jeunes larves éclosent huit jours après la ponte dans les premiers jours du mois d'août; les larves adultes sortent de l'eau pour gagner les feuilles des roseaux et autres plantes aquatiques. Elles se construisent une coque ovale, pointue aux deux extrémités, qu'elles forment d'une matière excrétée par quelque partie du corps et qui devient semblable à du papier gris. La transformation en nymphe a lieu et un mois après l'insecte parfait est formé.

Modeer, Mém. de l'Acad. roy. de Suède, 1770, p. 324.

Rœsel, Insect. Belustig. 1746, t. III, suppl. tab. 31.

De Geer, Mém. 1774, t. IV, Mém. VIII, p. 361, Pl. XIII, fig. 16-20.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des ins. 1802-1805, t. VIII, p. 151. Pl. LXIX. fig. 7.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des insect. 1835, t. V, Col. II, p. 228, Pl. 10, fig. *i*, *e*.

Sturm, Deutschl. Ins. 1836, t. X, p. 88, Pl. 226.

Patterson, Entomol. Magaz. t. II, p. 530.

Cet observateur a trouvé l'*Orectochilus villosus* dans une coquille aquatique (*Lymneus pereger*), dont l'ouverture se trouvait fermée par une substance molle.

Griesbach, Entomol. Magaz. t. IV, p. 254.

Cet auteur a trouvé des cocons de la même espèce sous l'écorce d'un saule pourri, à quelque distance de l'eau.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 108, fig. 6 (18).

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 77.

HYDROPHILIENS.

Tête cornée, aplatie en dessus, légèrement convexe en dessous, à bouche antérieure et même un peu supérieure.

Ocelles en apparence nuls, par suite de la faible saillie de leurs cornées, mais en réalité au nombre de six de chaque côté, et apparaissant seulement comme des points transparents dans la plaque sus-céphalique; cinq de ces ocelles sont extrêmement longs et étroits, on pourrait même dire linéaires, le sixième est arrondi.

Antennes insérées sur le front, vis-à-vis de l'angle interne de la base des mandibules, de trois articles : le premier long, les deux suivants grêles et n'atteignant pas ensemble la longueur du précédent.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct.

Lèvre supérieure nulle.

Mandibules saillantes, fortes, arquées à leur extrémité, dentées dans leur milieu.

Mâchoires libres, articulées à une certaine distance de la lèvre inférieure, composées d'une pièce cardinale très-longue, styloïde, droite, et atteignant presque l'extrémité des mandibules; d'une pièce basilaire six fois plus courte, semblable à un article de palpe, présentant à son extrémité un lobe rudimentaire, très-grêle, et un palpe de trois articles.

Lèvre inférieure tout-à-fait libre, s'avançant entre les mandibules, cornée dans toutes ses parties, formée d'un menton quadrangulaire, à angles antérieurs très-aigus; de pièces palpigères tout-à-fait soudées entre elles, de palpes labiaux bi-articulés et d'un rudiment conique de languette.

Segmens thoraciques à peu près semblables aux segments abdominaux; portant chacun une paire de pattes courtes, formées d'une hanche assez longue, cylindrique, appliquée contre le corps et dirigée obliquement en dedans et en arrière; d'un trochanter court, soudé à la cuisse; celle-ci plus longue, comprimée, munie sur ses bords de cils natatoires; d'une jambe un peu plus courte et ciliée seulement en dedans; d'un tarse consistant en un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de huit, charnus, recouverts d'une peau subcoriacée, sillonée de rides tranversales nombreuses, de sorte que l'on ne peut compter les segments que par les stigmates et les branchies. Lorsque celles-ci ne sont pas bien développées, les sept premiers segments en portent un court rudiment filiforme. Le segment terminal porte au dessous de son extrémité deux appendices semblables, mais plus longs.

Stigmates au nombre de huit paires, dont sept situées sur les sept premiers segments abdominaux dans la région dorso-latérale, en avant et en dedans des rudiments de branchies; la huitième sur les côtés du mésothorax.

Ces caractères, que nous empruntons à Erichson (Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 108), sont établis sur les larves de l'ancien genre *Hydrophilus*, les seules qu'ait examinées ce savant. Actuellement on en connaît quelques-unes qui s'éloignent un peu de ce type spécial et auxquelles ne conviennent pas en tous points les caractères ci-dessus. Aussi, bien que nous les ayions placés en tête de la famille ne doit on pas les considérer comme s'appliquant à tous les genres. D'autre part, les connaissances que l'on a acquises sur les autres genres sont encore trop peu étendues, pour pouvoir exposer d'une manière satisfaisante les caractères généraux de la famille.

On a beaucoup parlé des mœurs si intéressantes du grand *Hydrophilus;* nous verrons à son article les auteurs qui lui ont consacré quelque chapitre; pour les larves de la famille en général il faut consulter :

Herbst, Natursyt. 1797, t. VII, p. 292.
Miger, Ann. du Muséum, t. XIV, p. 442.
Sturm, Deutschl. Ins. 1835, t. XI, p. 105.
Mulsant, Hist. nat. des Col. de Fr. Palpic. 1844, p. 9.

Hydrophilus. Geof.

H. piceus. L. (Pl. I, fig. 7).

Mouffet, Insect. sive animal. minim. Theat. 1600, p. 320.
Frisch, Beschreib. 1720, 2e part. p. 26, Pl. VI.
De Geer, Mém. 1752, T. IV, Mém. VIII, p. 369.
Lyonnet, Mém. posth. p. 155, Pl. XIII, fig. 1-2; longs détails.
Lesser, Insect. Theol. T. II, fig. 12-16.

Miger, Ann. du Muséum, 1809, t. XIV, p. 445, Pl. 28.

Audouin et Brullé, Hist. natur. 1835, t. V, Col. II, pag. 255, Pl. XI, fig. 1-6.

Sturm, Deutschl. ins. t. IX, p. 106.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 125, fig. 8, (11-12).

Dutrochet, Mém. sur les animaux et les végét.

Erichson, Wiegm. Archiv, 1841, I, p. 108.

Mulsant, Hist. nat. des Col. de Fr. Palp. 1844, p. 105.

Hydrous. Leach.

H. caraboides. L.

Rœsel, Inst. Belustig. 1746, vol. II, cl. I, tab. IV, fig. 5-7.

Lyonnet, Mém. posth. p. 129, Pl. XII, fig. 47 et 50; la fig. 50 représente la tête grossie.

Harris, Aurelian, Pl. 26, fig. *e-i.*

Sturm, Deutschl Insekt. 1835, t. IX, p. 115, Pl. 216.

Westwood, Int. to the mod. class. of ins. 1839, t. I, p. 126, fig. 8 (15).

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. Palp. 1844, p. 111.

Helophilus. Muls.

H. lividus Forst.

Lyonnet, Mém. posth. p. 117, Pl. XII, (46); mœurs.

Mulsant, Hist. nat. des Col. de Fr. 1844. Palp. p. 125.

Cussac, Ann. de la soc. ent. de Fr. t. X, 2e sér. 1852, p. 622, Pl. XIII, fig. 17-26.

Philhydrus. Sol.

P. bicolor Fab.

Audouin et Brullé, Hist. nat. t. V, Col. II. p. 268; quelques mots seulement.

P melanocephalus.

Cussac, An. de la soc. ent. de Fr. t. X, 2e sér. 1852, pag. 622, Pl. XIII. fig. 27; suivant cet auteur, cette larve serait semblable à celle de l'*Helophilus lividus.*

Spercheus. Fab.

S. emarginatus Fab.

Kiesenwetter, Entom. Zeit. zu Stettin 1845, p. 220; mœurs et description de la larve.

Cussac, Ann. de la soc. ent. de Fr. t. X, 2e sér. 1852, p. 617.

Ochthebius. Leach.

O? granulatus? Dej.

Mulsant, Hist. nat. des Col. de Fr. Palp. 1844. p. 52; description rapportée avec doute à cette espèce.

Enicocerus. Curtis.

E. viridiœneus Steph.

Wailes, Entom. Magaz. n° 3, p. 256.

Westwood, Int. I, p. 121.

Sphæridium. Fabr.

Mulsant, Hist. nat. des Col. de Fr. Palp. 1844, p. 147 et 151. Ce que dit M. Mussant se borne à quelques mots sans accompagnement d'aucune description.

SILPHALES.

L'histoire de plusieurs larves de cette famille est connue depuis longtemps; les auteurs modernes en ont aussi décrit quelques-unes; elles présentent en général les caractères qui suivent :

Tête cornée, fortement penchée, légèrement convexe en dessus, plane en dessous.

Ocelles au nombre de six de chaque côté, disposés en deux groupes, dont l'un formé de quatre ocelles se trouve à l'endroit accoutumé, derrière l'insertion des antennes; et dont l'autre, éloigné du premier, se trouve en avant et en dessous, par conséquent sous l'insertion des antennes; ces ocelles sont arrondis.

Antennes articulées sur les côtés de la tête, assez allongées, de quatre articles; le premier très-court et très-gros.

Plaque suscéphalique présentant un chaperon peu distinct.

Lèvre supérieure distincte, mais soudée au chaperon.

Mandibules courtes et fortes, dentées, se recouvrant au repos et cachées par la lèvre supérieure.

Mâchoires bien développées, présentant un lobe continu assez gros et barbelé à son extrémité; palpes maxillaires de trois articles.

Lèvre inférieure présentant un menton charnu, des pièces palpigères de même nature, complètement confondues, et des palpes labiaux de deux articles.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux, portant chacun une paire de pattes médiocrement longues, formées d'une hanche allongée, appliquée contre le corps, dirigée en dedans et en arrière; d'un trochanter court, soudé à la cuisse, qui est allongée, de même que la jambe, laquelle est épineuse; d'un tarse peu développé, représenté par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus en dessous et recouverts d'une peau parcheminée, protégés en dessus par des écussons subcornés, plus ou moins saillants sur les côtés et dont les angles postérieurs sont aigus et dirigés en arrière; dernier segment terminé par deux appendices filiformes, bi-articulés, présentant en dessous un appendice cylindrique, corné à sa base, charnu et tuberculiforme à son extrémité; cet appendice dans lequel s'ouvre l'anus sert à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments thoraciques, situées latéralement à la base des prolongements des arceaux dorsaux et s'avançant même en partie sur la face inférieure de ces prolongements; la neuvième placée plus inférieurement entre le prothorax et le mésothorax.

Ces caractères empruntés à Erichson (Archives de Wiegman 1841, I, p. 101), ne laissent aucun doute sur l'analogie qui existe entre la famille des Silphales et celle des Staphyliens; la première ne se distingue guère de la seconde que par la présence de la lèvre supérieure et la disposition des ocelles. Ces larves vivent à peu près à la manière des insectes parfaits, et se trouvent dans les mêmes endroits; les métamorphoses ont lieu en terre.

Necrophorus. Fabr.

Les larves des *Necrophorus* se distinguent de celles du genre *Silpha*, par la forme des écussons dorsaux, qui sont moins étendus transversalement que chez ces dernières. Tout le monde connaît la manière dont les *Necrophorus* enterrent les cadavres des petits mam-

mifères, pour y déposer leurs œufs; les larves, parvenues à leur entier développement, s'enfoncent plus profondément en terre et se fabriquent une coque ovalaire; au bout de trois à quatre semaines l'insecte parfait est formé.

Plusieurs auteurs se sont occupés des mœurs des espèces de ce genre tant à l'état de larve qu'à l'état d'insecte parfait; Frisch, Rœsel, De Geer, Schaeffer, parmi les premiers entomologistes, leur ont consacré de longs articles; parmi les auteurs modernes, nous citerons :

Latreille, Hist. natur. des crust. et des ins. 1802-1805, t. IX, p. 267.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des ins. 1837, t. VI, Col. III, p. 7.

Sturm, Deutschl, insect. t. XIII, 1838, p. 56.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 101.

N. humator. Fabr.

Rœsel, insect. Belustig. 1750, t. IV, Pl. I.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 138, Pl. 10, fig. 8 (9).

M. vespillo. L.

Rœsel, insect. Belustig. 1746, Pl. IV, p. 5, tab. III.

De Geer, Mém.t. IV, 1774, Mém. IV, p. 171.

Herbst, Naturg. all. bek. insect. 1793, t. V, p. 162.

Sturm, Deutschl. insect. 1838, t. XIII, p. 62, Pl. 265.

Silpha. L.

De Geer, Mém. 1775, t. V. Mém. V, p. 167.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des ins. 1837, t. VI, Coleopt. II, p. 11.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 138.

Schmidt, Silphar. monogr. Pl. I, p. 21, 1841.

Sturm, Deutschl. insect. 1838, t. XIII, p. 86.

Mulsant, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1844, tom. II, Bull. p. LIX.

Guérin-Méneville, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1846, t. IV, 2e sér. Bull. p. LXXII. Observations sur le régime herbivore des larves.

S. alpina. Bon.

Heer, Observat. entomolog. 1836, p. 24.

Westwood, Introd. to the mod. clas. 1839, t. I, p. 139.

S. atrata. L.

De Geer, Mém. 1774, t. IV. Mém. V, p. 178, Pl. VI, fig. 10-13.

Schaeffer, Abhandl, t. III, Pl. VII, 1774-1779.

S. thoracica. L.

Schaeffer, Abhandl. 1764-1779, t. III, Pl. VII.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 139, fig. 10 (10-14).

S. grisea.

Curtis. Trans. of the Linn. soc. of Lond. 1791, t. I, p. 86, Pl. V.

S. obscura. L.

Frisch, Beschreib. von all. ins. 1720, Heft VI, p. 12, Pl. V.

Sturm, Deutschl. ins. 1838, t. XIII, p. 107, Pl. 269.

Blisson, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1846, t. IV, 2e sér. p. 65, Pl. II, n° 1, f. 3-3.

S. opaca. L.

Guérin-Méneville, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1846, t. IV, 2e sér. Bull. p. LXXII.

S. orientalis. Brullé.

Brullé, Expéd. scient. de Morée, 1832, p. 161, Pl. XXIX, fig. 1.

Necrodes. Wilk.

N. littoralis. L. (Pl. I, fig. 8).

Sturm, Deutschl. insect. 1836, t. XIII, p. 82. Détails sur la ponte des œufs.

Buist, Magaz. of natur. Hist. 1839, p. 60. Description de la nymphe.

Cette larve qui n'a pas encore été décrite présente les caractères suivants :

Tête médiocre, large, un peu convexe et rugueuse en dessus, présentant deux lignes enfoncées, qui, partant du côté interne de la base des mandibules, se réunissent sur le vertex.

Ocelles au nombre de six de chaque côté, dont quatre disposés en losange, sur une même éminence, derrière l'insertion des antennes;

les deux autres situés directement en dessous des antennes; ces ocelles sont plus ou moins arrondis, sauf les trois postérieurs du groupe supérieur, qui sont ovalaires.

Antennes médiocres, de quatre articles; le premier très-court, gros, en cône tronqué; le deuxième le plus long de tous, cylindrique; le troisième plus court, un peu comprimé à son extrémité, portant à son angle antérieur un petit article rudimentaire acuminé, et à son angle postérieur, le quatrième article qui est grêle et un peu plus court que le troisième.

Chaperon se confondant avec la plaque sus-céphalique.

Lèvre supérieure bien visible, légèrement échancrée en avant.

Mandibules courtes, cachées par la lèvre supérieure, un peu sinueuses à leur bord interne, fortement échancrées à l'extrémité.

Mâchoires assez grandes, composées d'une pièce cardinale, charnue et très-angulaire; d'une pièce basilaire allongée, terminée par un lobe aminci, obtus, couvert de soies courtes; de palpes maxillaires de trois articles dépassant le lobe; le premier et le deuxième articles de même longueur, le troisième un peu plus grêle et plus long.

Menton charnu, subquadrangulaire, tronqué en avant, portant deux pièces palpigères confondues en une seule masse; palpes labiaux petits, de deux articles; le premier assez gros, le second beaucoup plus petit et plus mince; point de languette.

Segments thoraciques recouverts, comme ceux de l'abdomen, d'écussons cornés très-développés; prothorax plus allongé et un peu moins large que les segments suivants, rétréci en avant, à angles arrondis; le mésothorax et le métathorax un peu plus longs que les segments abdoinmaux, à angles postérieurs peu saillants. Pattes bien développées, spinuleuses, composées des parties ordinaires; les cuisses et les jambes de la paire postérieure un peu plus longues que ces mêmes parties aux deux paires antérieures.

Segments abdominaux diminuant graduellement de largeur du premier au dernier; chaque arceau dorsal divisé en deux parties: l'une postérieure, recouverte de téguments coriacés, à surface finement chagrinée et d'une couleur plus sombre; l'autre antérieure, recouverte d'un écusson corné occupant les deux tiers de la longueur de l'arceau; des angles latéraux des écussons l'antérieur est arrondi; le postérieur d'autant plus aigu et plus prolongé qu'on l'examine plus près de l'extrémité anale. Les bords et la surface des écussons sont recouverts de spinules ou de soies raides rares, de

longueurs inégales, disposées en séries transversales irrégulières, et implantées sur de petits tubercules qui rendent la surface plus ou moins rugueuse. En dessous les segments abdominaux présentent une disposition qui rappelle à beaucoup d'égards celle du dessus. Segment terminal étroit, muni en dessus de deux longs appendices bi-articulés, spinuleux; le premier article très-long, le second petit et grêle. Anus conique, tubuleux, allongé.

Stigmates normaux.

Cette larve, dont les segments sont imbriqués, est de forme ovalaire allongée, atténuée en arrière, d'un brun obscur, avec une tache irrégulière plus claire sur les bords latéraux; on observe encore à la région dorsale un sillon médian d'un blanc jaunâtre, qui, partant du bord antérieur du prothorax, se continue jusque sur le segment terminal. Ces larves sont très-agiles et se rencontrent aux mois de mai et de juin dans les mêmes lieux que l'insecte parfait.

Catops. Fabr.

C. fuscus. Gyll.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 102.

Cet auteur donne une très-courte description de cette larve, qui présente les caractères généraux de celles des *Silpha*.

PSÉLAPHIENS.

Les larves de ces petits insectes sont inconnues; mais depuis longtemps Müller a donné un bon article sur les mœurs des *Claviger*, ainsi que la description de la dépouille d'une nymphe.

Claviger. Preysl.

C. foveolatus. Müll.

Müller, Magaz. für Entom. von Germ. 1818, t. III, p. 108, pl. II, fig. 15.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des Insect. 1837, t. VI, Col. III, p. 57.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 176, fig. 17 (8).

STAPHYLIENS.

Le nombre des larves de cette grande famille décrites jusqu'à ce jour est très-peu de chose, ce qui s'explique en partie par la difficulté qu'il y a à se les procurer, et surtout à les conserver vivantes jusqu'à leur entier développement. Quoiqu'il en soit, nous allons essayer de tracer leurs caractères généraux, en mettant largement à profit les notions exposées dans la belle Monographie qu'Erichson a donnée de cette famille.

Les larves de Staphyliens sont allongées, linéaires ou légèrement rétrécies à leur extrémité postérieure, un peu déprimées, ordinairement colorées en brun noirâtre ou verdâtre, ou blanc-jaunâtre. Leurs téguments sont assez fermes et partiellement écailleux. Leur corps est composé de treize segments, y compris la tête; celle-ci, qui rappelle beaucoup par ses formes celle de l'insecte parfait, est déprimée, subquadrangulaire ou allongée. Dans les espèces connues elle porte des antennes de quatre ou cinq articles, des ocelles en nombre variable et des organes de la bouche toujours bien développés.

Les segments thoraciques se distinguent ordinairement par leur forme et la manière dont ils sont protégés; en dessous ils sont toujours reconnaissables aux pattes dont ils sont munis. Ces pattes, et c'est là un caractère distinctif important, sont terminées par un ongle unique, plus ou moins allongé.

Les segments abdominaux au nombre de neuf, ne présentent rien de remarquable; ils sont simples, sauf le dernier qui est terminé par deux appendices mobiles, bi-articulés; l'anus fait une saillie considérable et sert à la progression.

Ces larves sont ordinairement très-agiles et vivent sur le sol, du moins celles des grandes espèces; les petites vivent aussi sous les écorces des arbres, quelquefois sur les fleurs, ou les autres parties des végétaux. Elles se nourrissent de proie consistant en mollusques, lombrics, larves de différents ordres. La petitesse de leur ouverture buccale porte à penser qu'elles ne déchirent pas leurs aliments, mais qu'elles se contentent d'en extraire les sucs. Leurs métamorphoses s'opèrent en terre, sous les écorces, en un mot, dans les lieux où a vécu la larve; la nymphe ne présente rien de particulier.

Ce serait ici le lieu d'indiquer les caractères qui distinguent les

larves des Staphyliens de celles des autres familles de Coléoptères; mais comme ces caractères consistent surtout dans les parties de la bouche, et que ces parties ne sont connues avec quelque exactitude que dans les Staphylinides, nous les donnerons à l'occasion de ce groupe.

Nos connaissances portent sur un nombre encore trop restreint d'espèces, pour donner les caractères distinctifs des diverses tribus. Ces groupes semblent cependant présenter entre eux des différences assez tranchées, portant sur la forme générale du corps, le nombre des ocelles, et surtout sur la conformation du lobe des mâchoires.

Pour l'histoire de cette famille, on peut consulter les ouvrages suivants :

Frisch, Beschreib. von all. Ins. Deutschl. 1720, V, p. 49, pl. XXV, et p. 50, pl. XXVI. Cet auteur a décrit et figuré deux larves dont l'une appartient à un *Tachinus* ou un *Staphylinus*; l'autre semble être une chenille.

De Geer, Mém. t. IV, 1774, p. 12.

Kirby et Spence, Introd. to Ent. 1828, t. III, pl. 18, fig. 6.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. IX, p. 282.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 166, fig. 16.

Erichson, Genera et spec. Staph. 1840, p. 15.

Tribu 1. Aléocharides.

Aleochara. Grav.

A. fuscipes. Grav.

Westwood, Zoolog. Journal. 1826-27, p. 56.

id. Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 166, fig. 16 (15).

Cette larve a été imparfaitement décrite.

Homalota. Manh.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 79.

Tribu 2. Tachyporides.

On ne connait que deux espèces de ce groupe, mais elles ont été décrites avec beaucoup de soin. Elles se distinguent des larves

des Staphylinides par la conformation des mâchoires dont le lobe, immobile et continu avec la pièce basilaire, a pris un grand développement. Quant à la présence du chaperon et de la lèvre supérieure signalée par M. Perris, il nous a été impossible de la constater sur une larve du genre *Tachyporus* que nous avons examinée. Nous l'avions trouvée en fauchant au filet dans un pré aux environs de Chaudfontaine; des sept à huit individus que nous avions rapportés, un seul s'est métamorphosé et l'insecte était mal développé, ce qui nous a empêché de déterminer l'espèce.

Tachyporus. Grav.

T. cellaris. Grav.

Perris, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1846, 2e sér. t. IV, p. 331, pl. IX, n° III, fig. 1-8.

Tachinus. Grav.

T. humeralis. Grav.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1846, 2e sér. t. IV, p. 335, pl. IX, n° III, fig. 9.

Tribu 3. Staphylinides.

Tête cornée, un peu convexe en dessus, aplatie en dessous, à bouche dirigée en avant.

Ocelles au nombre de quatre de chaque côté, arrondis, formant un petit groupe sur les parties latérales de la plaque sus-céphalique.

Antennes insérées à la partie antérieure de cette dernière, filiformes, de quatre articles; le troisième présentant à son extrémité, vers son côté interne, un petit article appendiculaire.

Plaque sus-céphalique s'avançant entre les mandibules, fermant la bouche en haut.

Lèvre supérieure non visible.

Mandibules aigües, falciformes, inermes.

Mâchoires articulées à une assez grande distance de la lèvre inférieure, libres, formées d'une pièce cardinale courte; d'une pièce basilaire allongée, cylindrique; d'un palpe maxillaire de trois articles, et d'un lobe maxillaire cylindrique, mobile, ressemblant à un article de palpe.

Lèvre inférieure composée d'un menton charnu, de pièces palpigères réunies à leur base, de palpes labiaux bi-articulés, d'un rudiment membraneux de languette, muni d'une pointe à son extrémité.

Segments thoraciques recouverts en dessus de pièces écailleuses; prothorax souvent très-long; pattes allongées, formées d'une hanche longue, cylindrique, obliquement dirigée en dedans et en arrière, d'un trochanter court, d'une cuisse et d'une jambe plus longues, d'un petit tarse terminé par un ongle unique.

Segments abdominaux au nombre de neuf; le premier muni, comme les segments thoraciques, d'un écusson corné; les autres charnus, offrant en dessus et en dessous des espaces parcheminés; le segment terminal muni de deux longs appendices bi-articulés. Anus saillant, très-long, corné et servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les bords latéraux des arceaux dorsaux des huit premiers segments abdominaux; la neuvième placée en dessous, dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax.

Ces larves qui, pour l'aspect et la forme générale, ont beaucoup d'analogie avec celles des Carabiques, s'en distinguent notablement lorsqu'on les examine avec plus d'attention. Ainsi les larves des Carabiques ont six ocelles de chaque côté, les mandibules dentées, les mâchoires rapprochées de la languette, avec leur lobe bi-articulé, des pointes fixes et inarticulées sur le dernier segment, enfin deux ongles au tarse.

Les larves des Dytiscides se distinguent de celles des Staphyliens par leurs ocelles au nombre de six, les mandibules perforées, les tarses bi-unguiculés et les appendices terminaux non articulés.

L'analogie qui rapproche les Staphyliens, les Silphales et les Histériens à l'état parfait, se retrouve encore à l'état de larve. Ces trois groupes, en effet, possèdent les appendices terminaux mobiles et articulés du dernier segment abdominal; mais les Silphales se distinguent par leur six ocelles et la présence de la lèvre supérieure; les Histériens, au contraire, manquent d'ocelles, tandis qu'il y en a quatre de chaque côté dans la tribu des Staphylinides.

Ces caractères généraux que nous avons empruntés à la Monographie d'Erichson, ont été reproduits par lui dans les Archives de Wiegmann, 1841, 1, p. 78.

Xantholinus. Dahl.

X. punctulatus. Gyll.

Bouché, Naturg. des Insect. 1834, p. 180, n° 5, pl. VIII, fig. 9.

Staphylinus. L.

St. maxillosus. L. (Pl. II, fig. 1).

Westwood, Int. to the mod. class. 1839, t. I, p. 168, fig. 16 (1-8). Westwood rapporte cette larve à cette espèce ou à l'*Ocypus olens.*

St. murinus. L.

Strœm, Nogle Insekt. Larves med deres Forwandl. t. II, p. 375.

Ocypus. Kirby.

O. olens. Müll.

Heer, Observ. entom. 1836, p. 16.

Blanchard, Mag. de zoolog. 1re sér. 6e ann. 1836, pl. 165, fig. 1-2.

Audouin et Brullé, Hist. natur. des Ins. 1837, t. VII, pl. III, fig. 4.

Ratzeburg, Die Forstins. 1837, I, p. 30, pl. I, fig. 14.

Philonthus. Leach.

Ph. æneus. Rossi.

Bouché, Naturg. des Ins. 1834, I, p. 179, n° 1, pl. VII, fig. 29.

Ph. politus ?

Westwood, Zool. Journ. 1826-27, p. 56.

Quedius. Leach.

Q. dilatatus. Fab.

Henslow, Newman's Zoolog. p. 2385.

Q. fulgidus. Er.

Bouché, Naturg. der Insect. 1834, p. 180, n° 2, tab. VIII, fig. 1.

Q. fuliginosus. Grav.

Waterhouse, Trans. of the Entom. soc. of Lond. 1836, t. I, p. 32, pl. III, fig. 2.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 167. Reproduction de la description précédente.

On ne connait aucune larve des tribus des Pædérides, Pinophilides et Sténides.

Tribu 7. Oxytélides.

Osorius. Leach.

O. incisicrurus. Latr.

Coquerel, Ann. de la Soc. entom. de Fr., 1848, 2e sér. t. VI, p. 180, pl. VII, n° 4, fig. 3 *a*.

Platysthetus. Manh.

Pl. morsitans. Manh.

Bouché, Naturg. des Ins. 1834, p. 182, n° 4, tab. VIII, fig. 14.
Westwood, Int. to the mod. class. 1839, I, p. 167, fig. 16, 14.

Oxytelus. Grav.

O. sculptus. Grav. (Pl. II, fig. 2).

La larve de cette espèce que nous avons trouvée rongeant une peau de lièvre, présente les caractères suivants :

Tête arrondie, cornée, un peu convexe en dessus, un peu plus large que le prothorax.

Antennes articulées latéralement, au dessus de la base des mandibules, formées de quatre articles; le premier très-court, le second cylindrique, trois fois plus long que le précédent; le troisième de même longueur, un peu renflé à son extrémité, où il présente deux articles distincts, l'un externe un peu plus grand, aciculé, l'autre interne de moindre longueur, également gros; tous deux recouverts de soies allongées.

Un ocelle unique de chaque côté, arrondi, assez gros, situé un peu en dessous et en arrière de l'insertion des antennes.

Plaque sus-céphalique arrondie en avant, sans chaperon, ni lèvre distincte.

Mandibules assez épaisses à leur base, légèrement courbées, peu allongées, un peu bifides à leur pointe.

Mâchoires tout-à-fait libres, insérées à une certaine distance de la lèvre inférieure, à pièce cardinale oblique en dedans, pièce basi-

laire se prolongeant intérieurement en un grand lobe triangulaire allongé, non mobile, à bord interne droit et garni de petites pointes aiguës; palpes maxillaires articulés extérieurement sur la mâchoire, allongés, formés de trois articles : le premier assez long, légèrement renflé vers son extrémité, le second assez gros, court, le troisième grêle, atténué, aussi long que le premier; ce palpe est à peu près de la longueur du lobe de la mâchoire.

Lèvre inférieure composée d'un menton petit et carré; de pièces palpigères confondues en une grosse masse arrondie; de palpes labiaux bi-articulés, très-grêles; d'une languette saillante, arrondie et ciliée sur son bord antérieur.

Prothorax un peu moins large que la tête, plus long que les segments thoraciques suivants; tous sont recouverts d'une plaque écailleuse aussi grande que l'arceau dorsal. Pattes grêles et faibles, du reste formées comme d'habitude. Les appendices terminaux du dernier segment sont allongés, parallèles, formés d'un premier article, très-long, un peu conique, et d'un second très-grêle, beaucoup plus court et atténué.

Stigmates normaux.

Le corps de cette petite larve atteint à peine deux lignes de longueur; il est subcylindrique, linéaire, recouvert de longs poils mous, d'un jaune brillant; l'extrémité des mandibules, les appendices terminaux sont d'un brun foncé; les écussons dorsaux d'un brun verdâtre clair; le reste du corps est d'un blanc jaunâtre.

M. Westwood (Int. to the mod. class. p. 168, fig. 16 (10-11)), a décrit et figuré une larve qui appartient probablement à la tribu des Oxytélides.

Micralymma. Westw.

M. brevipenne. Gyll. (*M. Johnstonis.* Westw).

Westwood, Mag. of Zool. and Botan. vol. II, p. 130, tab. 4. — Intr. to the mod. class. 1839, I, p. 166, fig. 16 (15-16).

Erichson, Genera et Spec. Staphylin. 1840, p. 820.

Tribu. 8 Piestides.

Zirophorus. Dalm.

Z. longicornis. Lacordaire.

Lacordaire, Ann. de la soc. ent. de Fr. 1852, t. I, 1re série, p. 358.

Erichson, Gener. et Spec. Staph. 1840, p. 831.

Prognatha. Latr.

P. quadricornis. Lac.

Westwood, Zool. Journ. 1826-27, p. 56 et Intr. to the mod. class. 1839, I, p. 166, fig. 16-12; sous le nom de *Siagonum quadricorne.*

On ne connaît aucune espèce des tribus des Phlœocharides et des Omalides.

Tribu 11. Protéinides.

Megarthrus. Kirby.

M. Westwood rapporte que M. Schmidt a observé qu'une espèce de ce genre, à l'état de larve, vit en parasite sur celle de la *Saperda populnea.* Voyez Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 365, note.

Proteinus. Latr.

P. brevicollis. Er.

Au mois de décembre 1851, nous avons trouvé dans des champignons déjà en grande partie décomposés, plusieurs petites larves de Staphylinides que nous avons conservées jusqu'au printemps suivant. Nous avons été assez heureux pour obtenir une métamorphose en nymphe, et, quelques semaines après, un petit insecte brunâtre que l'on reconnaissait bien appartenir au genre actuel, mais dont l'espèce est restée douteuse pour nous, à cause de son développement imparfait. D'après quelques considérations secondaires, telles que la taille, la forme du prothorax, nous le rapportons au *Proteinus brevicollis.* Cette petite larve présente les caractères suivants :

Tête finement écailleuse, un peu moins large que les segments thoraciques, presque carrée.

Ocelles au nombre de trois de chaque côté, disposés en ligne courbe, à convexité tournée en avant, et placés immédiatement derrière les antennes.

Antennes insérées un peu en dedans des bords latéraux de la tête,

au-dessus de l'articulation des mandibules ; formées de quatre articles : le premier assez gros, cylindrique, le deuxième d'égale longueur, un peu comprimé, présentant sur son bord antérieur quelques soies, et, près de son extrémité, un petit prolongement, ou plutôt une expansion triangulaire; le troisième très-court, cylindrique, muni de deux soies; le quatrième très-grêle, sétacé, difficile à apercevoir.

Plaque sus-céphalique s'avançant légèrement entre les mandibules, et munie en avant de deux petites pointes aiguës, sans trace de chaperon ni de lèvre supérieure.

Mandibules de médiocre longueur, arquées, indistinctement bifides à leur extrémité.

Mâchoires assez développées, dirigées obliquement en avant et un peu en dehors ; formées d'une pièce basilaire prolongée en dedans en un lobe conique, très-grêle, cilié-denté sur son bord interne, se terminant en pointe ; de palpes maxillaires allongés, filiformes, formés de quatre articles : les trois premiers presque égaux en longueur, cylindriques, le quatrième atténué à son extrémité, un peu plus long.

Lèvre inférieure présentant un petit menton charnu, des pièces palpigères assez développées et soudées entre elles, de très-petits palpes bi-articulés, extrêmement grêles. Languette?...

Segments thoraciques un peu plus larges que la tête ; prothorax muni en dessus d'un écusson transversal subécailleux, lisse ; les deux autres segments à peu près semblables aux segments abdominaux ; pattes grêles, formées des parties ordinaires.

Segments abdominaux au nombre de neuf, recouverts chacun en dessus d'un écusson transversal peu étendu ; segment terminal très-réduit, présentant en-dessus deux appendices sétigères formés de deux pièces : la première près de trois fois aussi longue que la seconde, qui est très-grêle ; anus inférieur, tubuleux, conique, servant à la progression.

Stigmates normaux.

Cette petite larve, longue à peine de deux lignes, est de forme linéaire, légèrement atténuée à ses deux extrémités, subcylindrique, un peu déprimée, parsemée de longs poils épars, dressés ; sa couleur est blanchâtre, avec la tête d'un jaunâtre sale, et les segments thoraciques de même nuance, mais plus clairs.

HISTÉRIENS.

Erichson, prenant pour types les deux seules larves connues de cette famille, a tracé l'esquisse suivante de leurs caractères :

Tête cornée, aplatie en dessus et en dessous, à bouche horizontale et dirigée en avant.

Ocelles nuls.

Antennes insérées sur les côtés de la tête, filiformes, de trois articles : le premier long, le troisième petit et grêle, recourbé en dedans.

Plaque sus-céphalique prolongée en avant, saillante entre les mandibules et dentée sur son bord antérieur.

Lèvre supérieure non distincte.

Mandibules fortes, falciformes, dentées dans leur milieu.

Mâchoires libres, articulées à une certaine distance de la lèvre inférieure; formées d'une pièce cardinale épaisse, dirigée obliquement en avant; d'une pièce basilaire petite, cylindrique, portant à son extrémité un palpe maxillaire de trois articles, et en dedans un petit rudiment articulé représentant le lobe. Si l'on fait abstraction de ce petit lobe, la mâchoire entière ressemble à un palpe de cinq pièces, dont les articles iraient graduellement en diminuant d'épaisseur.

Lèvre inférieure formée d'un menton charnu, peu développé; de pièces palpigères soudées entre elles, libres, cornées à leur base, charnues à leur extrémité; de deux palpes labiaux bi-articulés; sans rudiment de languette.

Thorax composé de trois segments : prothorax recouvert dans toute sa partie supérieure d'un écusson corné, et en dessous seulement dans sa moitié antérieure; les deux autres segments semblables aux segments abdominaux; pattes extrêmement courtes et grêles, articulées près des bords latéraux; formées d'une hanche, d'un trochanter et d'une cuisse extrêmement courts et s'emboîtant réciproquement, d'une jambe et d'un tarse un peu plus longs; ce dernier muni d'un ongle grêle, allongé, presque sétacé.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus; le dernier présentant à son extrémité deux appendices bi-articulés; anus saillant, conique, court, servant probablement à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, la neuvième sur le mésothorax, dans

un pli situé entre le bourrelet transversal de l'arceau dorsal et un renflement latéral disposé longitudinalement.

En indiquant ces caractères, Erichson fait remarquer qu'on ne peut les appliquer qu'au genre *Hister*, les premiers états des espèces des autres genres n'étant pas connus. L'étude de ces larves confirme les rapports que l'on a reconnus entre les familles des Staphyliens, des Silphales et des Histériens. Toutes trois, en effet, présentent les appendices articulés du dernier segment abdominal. Les larves de la famille actuelle se distinguent par la mollesse de leurs téguments et l'absence complète d'ocelles. On les trouve dans les mêmes lieux que les insectes parfaits; elles se nourrissent probablement par succion, leur ouverture buccale étant extrêmement petite, mais leur genre de vie n'est pas bien connu.

Hololepta. Payk.

H. quadridentata. Fabr.

Paykull, Monogr. Hister. p. 109, Pl. I, fig. 3.

D'après les observations de Leach, Latreille et Erichson, la larve décrite et figurée par Paykull serait une larve de Diptère.

Hister. L.

H. merdarius, Ent. Heft. Pl. II, fig. 3.

Paykull, Monog. Hister, p. 22, Pl. I, fig. 1.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des ins. 1835, IV, Coléop. II, p. 416.

Westwood, Intr. of the mod. class. 1839, p. 182, fig. 17 (24).

Ces deux derniers auteurs ont reproduit les détails donnés par Paykull.

H. cadaverinus. Payk.

Latreille, Nouveau dict. d'hist. natur., t. X, p. 429, 1817. Description détaillée.

TRICHOPTÉRIGIENS.

On ne connaît jusqu'à ce jour que les larves de deux espèces de cette famille. La description de l'une d'elles, le *Trichopterix limbata* donnée par Gillmeister, laisse à désirer; celle de l'autre, le *Trichopterix intermedia*, a été rédigée avec beaucoup de soin par

M. Edouard Perris. N'ayant pu jusqu'à présent nous procurer ces petites larves, nous reproduirons comme type la description de M. Perris.

Trichopterix.

T. intermedia, Gillm. (Pl. II, fig. 4).

Perris, Ann. de la soc. entom. de Fr. t. IV, 2e sér. 1846, Pl. XI, n° 2, fig. 1-4.

Allibert, Revue zoolog. t. X, p. 190, 1847.

Tête de consistance légèrement coriacée, grande, large, presque discoïdale, complètement libre, subcornée, marquée sur le front d'une impression en fer à cheval.

Ocelles?... (M. Perris fait observer qu'il n'a pu les apercevoir, mais que probablement ils existent).

Antennes de quatre articles : le premier court, en forme de mamelon; le deuxième près de trois fois aussi long que le premier, légèrement en cône tronqué et renversé; le troisième un peu plus court que le précédent et un peu conique; le quatrième un peu plus court, beaucoup plus grêle et renflé à l'extrémité, qui est surmontée de deux ou trois soies longues et raides; de plus un article supplémentaire se remarque à l'extrémité du deuxième article, inséré à sa face interne et un peu en dessous.

Epistome très-court, transversal.

Labre semi-discoïdal et un peu velu.

Mandibules longues, peu arquées, acérées, avec une dent intérieure un peu au-dessous de l'extrémité; leur bord extérieur est sinueux et en partie concave.

Mâchoires courtes, épaisses; lobe interne allongé, un peu recourbé à l'extrémité, qui est arrondie; de la base de cette courbure partent deux petits crochets semblables à des ongles qui s'avancent par dessus l'extrémité du lobe; palpes maxillaires coniques, un peu arqués en dedans et de trois articles, dont le deuxième un peu plus long que le premier, et le troisième un peu plus long que le deuxième, grêle et comme subulé.

Lèvre inférieure?.. Palpes labiaux très-courts et de deux articles.

Prothorax un peu plus long que la tête; les deux segments thoraciques suivants à peu près de sa longueur; portant chacun une paire de pattes longues, très-saillantes en dehors, formées de quatre

articles, hérissées de quelques soies et pourvues d'un ongle roussâtre et à peine crochu.

Segments abdominaux au nombre de neuf; les huit premiers de moitié plus courts que les segments thoraciques ; le neuvième un peu plus long, arrondi postérieurement et muni de deux appendices tubiformes, plus longs que lui et terminés chacun par quatre longues soies; ce même segment présentant en dessous un gros mamelon anal, non rétractile, transversalement concave en dessous et servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, paraissant placées : une paire près du bord postérieur du segment prothoracique, les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux.

Le corps de cette petite larve est linéaire, blanchâtre, cylindrique, un peu aplati en dessous dans la région thoracique; la progression est encore facilitée par la présence de deux séries de spinules ou de gros cils placés tout le long du ventre, à partir du premier segment abdominal. Les côtés du corps sont parsemés de longs poils roussâtres.

Ces larves sont carnassières et se nourrissent de Podurelles.

C. limbata. Chev.

Gillmeister, Trichopterig. Monog. dans la Faune de Sturm, t. XVII, 1845.

Allibert, Revue zoolog. t. X, 1847, p. 192.

M. Allibert reproduit la description de Gillmeister, et pense que la larve décrite par cet auteur pourrait bien appartenir à un petit Staphylien.

ANISOTOMIDES.

On ne connait encore que deux larves de cette famille; l'une décrite par Erichson, appartient au genre *Liodes*; l'autre au genre *Agathidium;* c'est M. Perris qui a fait connaître cette dernière. Ces deux descriptions ayant été faites avec beaucoup de soin et d'exactitude, nous les reproduirons pour servir de points de comparaison avec les espèces que l'on découvrira plus tard.

Liodes. Erichs.

L. humeralis. Fabr.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1847, I, p. 284.

Tête assez petite, arrondie, subdéprimée, à bouche un peu saillante en avant.

Deux petits ocelles de chaque côté.

Antennes peu développées; le premier article très-court, annulaire, le troisième plus long que le deuxième, un peu épaissi à son extrémité, le quatrième très-petit, grêle.

Chaperon étroit et court, indistinctement séparé de la plaque sus-céphalique.

Lèvre supérieure dirigée en avant, étroite, arrondie à sa partie antérieure.

Mandibules courtes, à extrémité amincie, crochue, courbée en dedans, présentant à leur base une surface molaire inégale.

Mâchoires offrant un lobe soudé, aminci, paraissant simple, mais à une observation attentive se montrant formé de deux lobes, dont l'interne est un peu plus court et poilu à son bord interne; des palpes maxillaires de trois articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton charnu, rétréci en avant, d'une languette peu développée, arrondie à son extrémité, et de palpes labiaux bi-articulés.

Segments thoraciques recouverts d'écussons, comme les segments abdominaux, mais ne présentant pas de poils à leur bord postérieur.

Segments abdominaux au nombre de neuf, recouverts d'écussons cornés, au bord postérieur de chacun desquels se trouve une série transversale de poils verticaux.

Segment terminal présentant à son extrémité deux appendices bi-articulés, mobiles; le premier article court, cylindrique, le second plus long et sétiforme; anus saillant, servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, placées : la première inférieurement dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax; les suivantes sur les bords latéraux des écussons dorsaux des huit premiers segments abdominaux.

Ces larves ont le corps cylindrique, recouvert de quelques poils assez longs; elles ont le *facies* des larves des *Necrophorus* et fuient, comme elles, la lumière. Les principales différences qui les distinguent des larves des *Silpha* sont la présence de la languette, la position des stigmates abdominaux, le nombre des ocelles et la plaque molaire des mandibules.

Agathidium. Illig.

A. seminulum. L. (Pl. II, fig. 5).

Perris, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1851, t. IX, 2e sér. p. 43, Pl. II, n° 4, fig. 17-25.

Tête arrondie, libre, lisse, luisante.

Ocelles au nombre de deux de chaque côté.

Antennes de quatre articles : le premier court et large, le deuxième deux fois plus long, plus étroit, cylindrique; le troisième plus long que les deux premiers ensemble, se dilatant à son côté interne, qui est muni de deux saillies dentiformes, dont une terminale longue et pointue; l'autre située en dessous, plus courte et surmontée d'une soie; le quatrième est cylindro-conique, un peu moins long que le deuxième et terminé par trois ou quatre soies allongées.

Epistome court; labre peu avancé, en segment de cercle.

Mandibules bi-dentées à l'extrémité, courtes et se croisant à peine, cornées, noirâtres, étroites, linéaires, à base élargie et blanchâtre.

Mâchoires fortes, courtes; lobe allongé, presque conique, cilié à son extrémité et à son bord interne; palpes maxillaires de trois articles, un peu arqués en dedans.

Lèvre inférieure entière et un peu arrondie; palpes labiaux de deux articles.

Segments thoraciques plus grands que les segments abdominaux, le premier surtout qui est sémi-discoïdal; munis chacun d'une paire de pattes médiocres, fortes, de quatre articles, parsemées de soies courtes.

Segments abdominaux au nombre de neuf; le segment terminal en demi-cercle, muni de deux appendices cornés, droits, divergents, formés de deux pièces ou articles, dont l'un cylindrique, l'autre sétiforme; anus prolongé, servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires; les deux premiers plus grands, placés près du bord inférieur et postérieur du segment prothoracique; les autres situés sur les huit premiers segments abdominaux.

Cette petite larve, longue de 3 ½ millimètres, est luisante, de forme ovoïde très-allongée, assez convexe en-dessus, un peu aplatie en dessous, surtout dans la région thoracique, et d'une consistance coriacée. La tête est d'un brun livide, les antennes et les palpes

moins foncés, chaque segment d'un brun livide dans ses deux tiers antérieurs, blanchâtre dans l'autre tiers, avec un sillon blanchâtre tout le long du dos; dernier segment entièrement brun; la face inférieure est d'un blanc livide.

M. Perris l'a trouvée sous les écorces des pins, dans le champignon appelé *Trichia cinnabarina*. Bull. Elle s'enfonce en terre pour se métamorphoser en nymphe.

NITIDULAIRES.

Il est peu de familles aussi considérables que celle-ci, dont les états antérieurs soient aussi peu connus; à peine a-t-on décrit cinq à six de ses larves. Nous nous bornerons à reproduire les descriptions qu'en a données Erichson dans sa Faune des insectes d'Allemagne.

On n'en connait pas des deux premiers groupes, les Brachyptérides et les Carpophilides, qu'il a établis dans la famille.

Groupe 3. Nitidulides.

Epurea. Erichs.

E. obsoleta. Fabr.

Bouché, Naturg. der Insect. 1834, p. 188, n° 12.

Description peu détaillée et que nous jugeons inutile de reproduire.

Soronia. Erichs.

S. grisea. L.

Curtis, Linn. Trans. vol. I.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. 1, p. 141, fig. 11, 1.

Audouin et Brullé, Hist. natur. des ins. t. V, Coléop. II, p. 397, 1835.

Erichson, Naturg. der insect. Deutsch. 1845, p. 165. Voici la description de cet auteur :

Tête petite, arrondie, cornée, dirigée en avant.

Ocelles placés immédiatement derrière les antennes, au nombre de trois de chaque côté?

Antennes insérées aux angles antérieurs de la tête, derrière les

mandibules; de deux articles : le second plus long et plus grêle que le premier, portant à son extrémité une petite soie rétractile que l'on pourrait peut-être regarder comme l'indice d'un troisième article.

Plaque sus-céphalique déprimée.

Lèvre supérieure petite.

Mandibules de forme particulière : elles présentent une extrémité grêle, légèrement courbée en dedans, obtusément dentée sur son bord interne; en arrière de cette extrémité elles sont fortement élargies en dedans, et munies d'un bord membraneux; ce bord est recouvert d'épines cornées, courbées en dedans en forme d'ongles, et diminuant d'autant plus de longueur qu'elles sont plus postérieures. Sur leur bord postérieur, ces épines sont encore garnies de petites soies nombreuses, raides et arquées. A leur base les mandibules offrent une grande surface molaire, distinctement striée en travers.

Mâchoires formées d'un lobe soudé, assez allongé, cilié sur son bord interne et à son extrémité; de palpes labiaux de quatre articles : le premier très-court, les deux suivants plus allongés et plus grêles, le dernier mince et presque sétacé.

Lèvre inférieure? (Erichson n'a pas pu la reconnaître).

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux, sauf le prothorax, qui offre deux grandes plaques cornées. Pattes courtes, formées d'une hanche peu allongée, dirigée en dehors, d'un trochanter court, d'une cuisse et d'une jambe plus longues, enfin d'un tarse formé d'un ongle unique, un peu épaissi en dedans vers sa base.

Segments abdominaux au nombre de neuf; chaque arceau dorsal présentant une série transversale de points cornés, bruns, et sur les côtés un petit prolongement charnu, subconique, terminé par une petite soie blanche ; segment anal muni de deux cornes recourbées en haut, et au devant de celles-ci de deux petites pointes, dirigées de la même manière. Anus tubuleux, servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires : la première située inférieurement dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax ; les autres placées sur les huit premiers segments abdominaux, un peu en avant des prolongements latéraux.

Cette larve est assez déprimée, de forme ovoïde, un peu rétrécie en arrière, et d'un blanc sale. Elle a été trouvée par MM. Curtis et Westwood sur des branches de saule, dont les fissures étaient

baignées de sève, résultant des morsures du *Cryptorhynchus Lapathi*. Erichson la trouvée sous l'écorce de plusieurs espèces d'arbres.

Pocadius. Erichs.

P. ferrugineus. Fabr.

Bouché, Naturg. der insect. 1834, p. 188, n° 13, tab. VIII, fig. 38.

Cette description est peu détaillée et Erichson (loc. cit., p. 124) se demande si la détermination a été exacte.

Westwood, Introd. to the mod. class. I, p. 142, fig. 11 (2) a reproduit la figure donnée par Bouché.

Les larves du quatrième groupe, celui des Strongylides, ne sont pas connues.

Groupe 5. Ipides.

Ips. Fabr.

I. 4-pustulata. Fabr.

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, 9e part., p. 165.

Herbst, Naturg. all. bek. insect. 1792, t. IV, p. 165. Herbst n'en parle que d'après Frisch.

Rhizophagus. Herbst.

R. depressus. Fabr.

Erichson, Naturg. der insect. Deutsch. 1845, t. III, p. 227.

Cet auteur donne la description suivante d'une petite larve trouvée en compagnie de plusieurs individus de l'espèce en question :

Tête de la largeur du corps, arrondie, déprimée, dirigée en avant, recouverte d'une peau coriace.

Ocelles au nombre de deux de chaque côté, disposés transversalement derrière les antennes.

Antennes insérées aux angles antérieurs de la tête, près de l'articulation des mandibules, courtes, dirigées en avant, formées de quatre articles : le premier court, épais, annulaire; le deuxième et le troisième également longs, mais ce dernier plus grêle de moitié; le quatrième très-mince, sétacé; le deuxième portant à son extrémité un petit article appendiculaire.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct.

Lèvre supérieure saillante, cornée.

Mandibules à peu près semblables à celles de la *Soronia grisea*; mais leur extrémité est obtusément tridentée, et les épines qui recouvrent l'expansion membraneuse du bord interne présentent sur leur bord postérieur des petits poils mous.

Mâchoires semblables à celles de la *Soronia grisea.*

Lèvre inférieure formée d'un menton charnu, quadrangulaire; d'une languette étroite, arrondie en avant; de palpes labiaux courts, de deux articles : le premier cylindrique, le second très-petit, sétacé.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux, sauf le prothorax qui est complètement corné. Pattes très-courtes; hanches un peu allongées, dirigées transversalement l'une vers l'autre; trochanter court, soudé aux cuisses; jambe fortement raccourcie; tarse consistant en un seul ongle obtus.

Segments abdominaux au nombre de neuf; arceaux dorsaux recouverts de petites soies rigides, dirigées en arrière, et chacun de deux petites pointes cornées; celles-ci deviennent d'autant plus longues qu'elles sont plus postérieures, de sorte que le dos est parcouru dans toute sa longueur par deux séries de pointes longitudinales et parallèles; chacun des segments porte en outre latéralement un petit tubercule charnu, terminé par une longue soie dirigée obliquement en arrière; face ventrale recouverte de séries de longs poils dressés. Segment terminal muni de deux paires de pointes cornées, recourbées vers le haut; de ces pointes les deux antérieures sont plus petites et garnies de longues soies dressées. Anus tubuleux, servant à la progression.

Stigmates petits, portés sur de courts prolongements coniques, au nombre de neuf paires : la première située latéralement entre le prothorax et le mésothorax; les autres sur les côtés des huit premiers segments abdominaux, un peu au-dessus et en avant des prolongements latéraux.

Ces larves sont étroites, linéaires, un peu déprimées, et d'un blanc sale; les soies qui recouvrent la face supérieure, et celles des appendices latéraux, sont molles et un peu épaissies à leur extrémité. Les jeunes larves ne présentent pas les pointes cornées des arceaux dorsaux. On les rencontre sous l'écorce des pins récemment abattus.

Groupe 6. Peltides.

Les larves connues des Peltides diffèrent d'une manière assez no-

table de celles des Nitidulaires. Elles présentent cette conformation particulière des parties de la bouche que l'on a signalée en premier lieu chez les Élatérides, et que nous retrouverons encore chez les *Clythra*, disposition dans laquelle la pièce basilaire des mâchoires, très-allongée, est soudée dans toute son étendue avec le menton qui est aussi très-long. Cependant le genre *Thymalus* fait exception à cet égard. Du reste les larves de ce groupe se rapprochent encore sous d'autres rapports de celles des Elatérides; mais elles s'en éloignent par la présence d'un chaperon et d'une lèvre supérieure. Les mandibules sont tout-à-fait simples, sans surface molaire et sans expansion membraneuse. Le corps est recouvert de quelques poils blanchâtres, épars.

Lorsque les larves des Nitidulaires et des Peltides seront mieux connues, il ne serait pas impossible que leur conformation fît élever au rang de famille, le groupe actuel.

Nemosoma. Latr.

N. elongata. Latr.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 146, fig. 12 (2).

Banse, Krasper et Matz, Entomol. Zeit, 1842, p. 50.—Quelques détails sur les mœurs de la larve.

Erichson, Naturg. der insect. Deutschl. 1845, p. 259.

Tête assez petite et étroite, allongée, un peu dirigée en avant, cornée.

Ocelles paraissant être seulement au nombre de deux de chaque côté, immédiatement derrière l'insertion des antennes.

Antennes courtes, de trois articles : le premier court et épais, annulaire; le deuxième cylindrique, le troisième petit, grêle, un peu courbé, terminé par deux petites soies et présentant à sa base un petit article appendiculaire.

Plaque sus-céphalique déprimée, offrant dans son milieu une ligne longitudinale enfoncée, et deux stries latérales convergeant en arrière, peu distinctes et très-superficielles; munie en avant d'un chaperon transversalement quadrangulaire.

Lèvre supérieure de même forme que le chaperon.

Mandibules arquées, se touchant par leurs extrémités; celles-ci simples.

Mâchoires formées d'une pièce basilaire très-allongée, semi-cylin-

drique, soudée avec le menton ; d'un lobe maxillaire peu développé, ovalaire, charnu, garni sur son pourtour de quelques soies rigides ; de palpes maxillaires de quatre articles, graduellement plus grêles ; le premier très-court, le deuxième plus allongé, le troisième plus court, le quatrième presque plus long que le deuxième.

Lèvre inférieure composée d'un menton semi-cylindrique, aussi long que les pièces basilaires des mâchoires, avec lesquelles il est soudé ; de pièces palpigères soudées entre elles ; de palpes labiaux formés de deux articles égaux.

Prothorax présentant un écusson dorsal écailleux, mince, rétréci en arrière, et en dessous une plaque sternale parcheminée ; mésothorax et métathorax munis chacun en dessus de deux pièces cornées. Pattes assez courtes, formées d'une hanche très-raccourcie, annulaire, dirigée en dehors, d'un trochanter court, d'une cuisse également courte, d'une jambe grêle et un peu plus longue, enfin d'un tarse formé par un ongle simple, crochu.

Segments abdominaux au nombre de neuf, recouverts de téguments mous ; les huit premiers assez semblables entre eux en dessous ; le neuvième muni en dessus d'un petit écusson corné, offrant deux pointes recourbées vers le haut ; anus inférieur, prolongé en cône et servant à la progression.

Stigmates petits et arrondis, au nombre de neuf paires : la première placée à la face supérieure dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax ; les autres situées latéralement sur les huit premiers segments abdominaux.

Cette larve longue de 3 $^1/_2$ lignes, plus grande par conséquent que l'insecte parfait, est blanchâtre, avec les parties cornées d'un brun rougeâtre assez clair. Elle ressemble beaucoup à une larve de *Trogosita*, mais elle est plus longue et plus grêle, subcylindrique, plus rétrécie en avant, et moins recouverte de poils redressés. Plusieurs auteurs ont donné (Entomol. Zeitung, 1842, p. 30) des détails sur les mœurs de l'insecte, il se tient dans les galeries de l'*Hylesinus vittatus* dont il semble faire sa proie. La larve a probablement des habitudes analogues.

Trogosita. Oliv.

T. mauritanica. L.

Herbst, Naturg. der Ins. 1797, t. VII, p. 274.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des ins. 1802-1805, t. XI, p. 134.

Sturm, Deutschl. Insect. 1807, t. II, p. 245.

Hammerschmidt, De insectis agric. damn., 1832, pl. 2.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 147, fig. 11 (21).

Erichson, Naturg. der insect. Deutschl. 1845, p. 244. Ce dernier auteur en donne la description suivante :

Tête assez directement portée en avant, déprimée, cornée, un peu plus étroite que le corps, allongée, presque quadrangulaire. Ocelles non visibles; à la place qu'ils occupent ordinairement sont des points enfoncés, d'où sortent de longs poils.

Antennes insérées latéralement au bord antérieur de la tête, près des mandibules, très-courtes, de deux articles : le premier petit, cylindrique, le second grêle, court, terminé par une petite soie; peut-être existe-t-il encore un très-petit article rétractile.

Plaque sus-céphalique offrant deux lignes enfoncées, qui, partant de l'insertion des antennes, vont se réunir sur le vertex, et un chaperon coriacé, transversal, coupé carrément en avant, et cilié sur son bord antérieur.

Mandibules saillantes, courbées l'une vers l'autre, très-fortes et puissantes; leur extrémité armée de deux dents aiguës.

Mâchoires présentant des pièces basilaires allongées semi-cylindriques, soudées avec un menton de même forme, et logées avec lui dans une profonde échancrure de la plaque sous-céphalique; pièces basilaires présentant deux lobes dont l'interne très-petit, soudé et immobile; l'externe articulé, charnu, presque ovalaire; palpes maxillaires de quatre articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton allongé, soudé aux pièces basilaires des mâchoires; de pièces palpigères soudées entre elles et cornées; de palpes labiaux bi-articulés; sans trace de languette.

Prothorax muni en dessus d'un écusson corné et en dessous d'une plaque sternale subécailleuse : chacun des deux segments suivants présente en dessus deux taches cornées. Pattes assez courtes, formées d'une hanche très-raccourcie, annulaire, dirigée en dehors; d'un trochanter assez court, d'une cuisse un peu plus longue, d'une jambe un peu plus grêle et plus allongée, enfin d'un tarse formé par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf : les huit premiers recouverts de téguments peu épais, le neuvième portant en dessus un écusson dur, corné, muni de deux fortes pointes. Anus saillant, conique, servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires ; la première située à la partie inférieure du mésothorax, près de son bord antérieur ; les autres sur les huit premiers segments abdominaux, au-dessus des replis latéraux du corps.

Cette larve est d'un blanc sale, avec la tête, l'écusson prothoracique et celui du segment terminal d'un brun noirâtre ; les autres parties cornées sont plus claires. Elle est de forme un peu déprimée, subcylindrique, et parsemée sur les côtés de quelques poils allongés et redressés.

Peltis. Illig.

P. grossa. L.

Entom. Zeit. zu Stettin, 1852, tab. III. Figures de la larve et de la nymphe, sans aucune description.

Thymalus. Latr.

Th. limbatus. Fabr. (Pl. II, fig. 6).

Tête semi-circulaire, un peu enfoncée dans le prothorax, subcornée, à bouche dirigée presque directement en avant.

Plaque sus-céphalique très-légèrement convexe, présentant deux profonds sillons étroits, croisés vers le milieu de sa surface, et en avant deux impressions oblongues plus larges et plus faibles, convergentes en arrière.

Chaperon bien limité, peu allongé.

Lèvre supérieure distincte, médiocrement développée, arrondie sur son bord antérieur, munie de quelques poils courts.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, noirs, assez saillants, disposés en deux séries obliques : l'antérieure formée de trois, en arrière et en dehors de l'insertion des antennes ; la postérieure de deux, directement en arrière de cette insertion.

Antennes très-rapprochées de l'articulation des mandibules, formées de quatre articles : le premier conique et large, recouvert d'une membrane molle ; le deuxième moins large et un peu moins long ; le troisième très-court, le quatrième très-grêle, plus allongé, terminé par une soie et accompagné en dehors d'un très-petit article supplémentaire.

Mandibules courtes, épaisses, à face externe assez large, à extrémité obtuse, présentant deux très-faibles échancrures.

Mâchoires très-rapprochées de la lèvre inférieure, formées d'une

pièce cardinale peu développée, disposée obliquement ; d'une pièce basilaire épaisse, soudée au menton dans une partie de son étendue, prolongée en dedans en un petit lobe subquadrangulaire, recouvert sur son bord antérieur de quelques soies courtes, spinuliformes ; d'un palpe maxillaire assez allongé, subconique, formé de trois articles à peu près égaux en longueur ; le dernier un peu plus grêle que les précédents.

Lèvre inférieure formée d'un menton charnu, épais, tronqué en avant ; de pièces palpigères courtes, divergentes, confondues à leur base ; de palpes labiaux bi-articulés, et d'un petit tubercule charnu représentant la languette.

Segments thoraciques un peu plus allongés que les segments abdominaux, recouverts comme eux de téguments mous, sauf le prothorax qui présente en dessus un écusson transversal d'un brun noirâtre et subécailleux.

Pattes de médiocre longueur, grêles, articulées sur les côtés du corps, formées d'une hanche conique dirigée en dedans et en arrière, d'un trochanter court, d'une cuisse et d'une jambe à peu près égales, d'un tarse consistant en un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, croissant en largeur jusqu'au sixième ou septième, recouverts d'une peau molle ; chacun d'eux divisé en dessus en deux parties par un profond sillon transversal et muni de chaque côté d'un bourrelet charnu, conique, terminé par un long poil ; en dessous quelques petits sillons obliques ou transverses moins marqués. Segment terminal un peu plus long et moins large que les précédents, subécailleux en dessus où il présente quelques gros points oblongs enfoncés ; muni en arrière de deux prolongements cornés, courts, parallèles, terminés en pointe aiguë et portant sur leur pourtour quelques pointes analogues, mais moins longues. Anus arrondi, pouvant servir à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires ; la première située sur un petit bourrelet appartenant au mésothorax, les autres vers le milieu du bord latéral des huit premiers segments abdominaux, au-dessus des bourrelets latéraux.

Cette larve, longue de 9 à 10 millim., est d'un blanc hyalin, sauf la tête qui est d'un jaune sale, l'écusson prothoracique et celui du dernier segment qui sont d'un brun noirâtre, ainsi que deux séries latérales de petites tâches arrondies, disposées au bord interne de chaque côté des arceaux dorsaux, depuis le mésothorax jusqu'à l'avant-dernier, quelquefois aussi le dernier segment abdominal. Le

corps est un peu déprimé, contracté, comme festonné latéralement par la présence des bourrelets des arceaux ; il est recouvert de quelques poils blanchâtres, moux, flexueux, entremêlés de poils plus courts.

Nous avons trouvé ces larves au mois de janvier sous les écorces du poirier sauvage ; elles paraissent se nourrir exclusivement de substance ligneuse ; elles se sont transformées en nymphes au mois d'avril. Celles-ci sont parsemées de quelques poils plus courts que ceux de la larve et leur abdomen est terminé par deux petites pointes aiguës.

La larve du *Thymalus*, dont la forme est assez semblable à celle des autres larves de Peltides décrites ci-dessus, et en général des Nitidulaires, s'éloigne cependant beaucoup des premières par l'organisation des parties de la bouche. Elle ne présente pas cette disposition remarquable des pièces basilaires des mâchoires et du menton, qui caractérise les larves d'Elatérides, et qui a été retrouvée par Erichson dans celle des *Nemosoma* et des *Trogosita;* elle rappelle plutôt par ses organes buccaux les larves des Curculionides et de quelques Hétéromères fongicoles.

COLYDIENS.

Nous empruntons les caractères généraux des larves de cette famille à Erichson, qui les a donnés dans sa Faune des Insectes d'Allemagne, d'après deux ou trois larves qu'il avait en sa possession :

Tête cornée, dirigée en avant.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, disposés en deux séries transversales dont l'antérieure est formée de trois, la postérieure de deux.

Antennes courtes, de quatre articles.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct.

Lèvre supérieure saillante.

Mandibules cornées, sans surface molaire.

Mâchoires présentant un lobe soudé et des palpes maxillaires de quatre articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton charnu, d'une petite languette saillante de même nature, de palpes labiaux tri-articulés.

Pattes courtes. Anus peu allongé, servant à la progression.

Ces larves ont le corps recouvert d'une peau molle; le dernier

segment abdominal présente un écusson corné portant deux pointes. Elles ressemblent assez aux larves des *Trogosita*, mais s'en distinguent bien par la conformation plus simple de la languette et l'absence de chaperon.

On n'en connaît aucune du groupe des Synchitides, le premier de la famille dans la classification d'Erichson. Leur genre de vie est peut-être pareil à celui des larves des *Nemosoma*.

Synchita. Helw.

S. juglandis. Fabr.

Noerdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 256. Quelques mots seulement de la larve qui vit dans le charme.

Groupe 2. Colydiides.

Aulonium. Erichs.

A. sulcatum. Oliv.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 147, fig. 12 (15). Courte description.

Colydium. Fabr.

C. castaneum. Herbst.

Mac-Leay, Annulosa javan. n° 92.

C. elongatum, Fabr. (Pl. II, fig. 7).

Ratzeburg, Die Fortinsect, t. I, 1837, p. 188, tab. XIV, fig. 34-35.

Sturm, Deutschl. Insect. 1849, t. XX, p. 50, Pl. 368.

C. filiforme. Fabr.

Erichson, Naturg. des Insect. Deutschl. 1845, p. 280.

Tête arrondie, un peu dirigée en avant.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, disposés derrière les antennes en deux séries transversales : l'antérieure formée de trois, la postérieure de deux, tous petits et arrondis.

Antennes de quatre articles ; le premier très-court, le deuxième et le troisième plus longs ; ces trois articles devenant graduellement plus grêles; le quatrième petit, sétacé, présentant à sa base un petit article appendiculaire.

Plaque sus-céphalique de consistance écailleuse, assez dure, sans chaperon distinct, présentant deux lignes longitudinales enfoncées.

Lèvre supérieure saillante, semi-circulaire.

Mandibules à extrémité cornée, bidentée, en dessous de celle-ci obtusément dentées ; présentant vers la base, au bord interne, une expansion dirigée en dedans.

Mâchoires charnues ; leur lobe soudé, muni de petites soies sur ses bords ; palpes maxillaires paraissant formés seulement de deux articles, mais en réalité on voit un premier article très-court et difficile à reconnaître, un deuxième et un troisième distincts, et un quatrième représenté, à l'extrémité du précédent, par une soie grêle et courte.

Lèvre inférieure charnue ; languette arrondie en avant ; palpes labiaux de trois articles.

Segments thoraciques semblables à ceux de l'abdomen ; pattes assez courtes, formées d'une hanche un peu allongée, épaisse, dirigée obliquement en bas et en dedans ; d'un trochanter court, soudé à la cuisse ; d'une jambe un peu plus petite et plus grêle ; d'un tarse formé d'un ongle simple, corné à son extrémité.

Segments abdominaux présentant en dessus et en dessous des poils épars dressés ; segment terminal muni à son extrémité de deux pointes cornées, recourbées en haut. Anus tubuleux, rétractile, servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires ; les deux premiers arrondis, plus grands, situés dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax ; les autres également arrondis, plus petits, sur les bords latéraux des huit premiers segments abdominaux.

Cette petite larve est blanche, recouverte d'une peau molle, et de forme tout-à-fait cylindrique, allongée et grêle.

Les larves des troisième et quatrième groupes de la famille, les Bothrydérides et les Pycnomérides, sont encore inconnues.

Groupe 5. Cérylonides.

Cerylon. Latr.

C. histeroides. Fabr.

Erichson, Naturg. der Insect. Deutschl. 1845, p. 295.

Une petite larve, trouvée sous l'écorce d'un pin, a été regardée par Erichson comme appartenant à cette espèce.

Elle a beaucoup d'analogie avec celle du *Colydium filiforme*, et s'en distingue seulement par les caractères suivants : Le corps est allongé, déprimé, et va en se rétrécissant un peu à sa partie antérieure. La tête est petite, étroite, assez dirigée en avant. Les mandibules ont une extrémité simple, et une petite dent dans leur milieu. Les palpes maxillaires paraissent formés de trois articles, dont le terminal bien distinct. La languette est courte, échancrée en avant. Les pattes ont des hanches courtes. Le prothorax est corné en dessus ; chacun des deux autres segments thoraciques présente en dessus deux taches cornées.

C'est à ce groupe, selon Erichson, que paraît appartenir la larve décrite par M. Westwood (Intr. to the mod. class. 1839, I, p. 146, fig. 12-1), sous le nom de *Rhizophagus bipustulatus*.

PAUSSIDES.

Erichson a décrit dans les archives de Wiegman (1847, I, p. 276), une larve qu'il suppose appartenir à un *Paussus*, et qui avait été recueillie à Mozambique par le docteur Peters. La connaissance des états antérieurs et des mœurs de ces insectes bizarres, serait d'une grande importance pour découvrir les analogies de ce groupe; aussi croyons nous devoir reproduire cette description.

Tête dirigée en avant, large et aplatie, presque carrée ; à bouche paraissant fermée, comme chez les Carabiques, les Staphyliens, les Histérides, etc.

Plaque sus-céphalique déprimée, arrondie sur son bord antérieur entre les mandibules, sans chaperon ni lèvre supérieure.

Ocelles au nombre de six de chaque côté, arrondis, disposés en deux séries transversales derrière l'insertion des antennes.

Antennes de quatre articles ; les deux premiers très-gros, cylindriques ; le deuxième encore plus gros et plus épais, coupé perpendiculairement à son extrémité et un peu obliquement en dehors ; le troisième très-grêle et court, muni à son extrémité de trois longues soies, entre lesquelles est situé le quatrième article excessivement court et tuberculiforme.

Mandibules fortes, presque falciformes, simples, acuminées, se recouvrant au repos.

Mâchoires présentant une pièce cardinale très-courte et annulaire; une pièce basilaire très-épaisse, un peu amincie vers sa base, coupée carrément à son extrémité, portant un palpe et un lobe mo-

bile articulé; le lobe étroit et grêle, assez long, bi-articulé; son premier article un peu courbé en dedans, le second crochu; le palpe épais, cylindrique, formé de trois articles également gros; le premier et le troisième courts, le deuxième formant ainsi la plus grande partie de l'organe. Dans la larve vivante l'extrémité du palpe paraît recouverte d'une peau molle, car elle présente un enfoncement sur la larve desséchée.

Lèvre inférieure formée d'un petit menton charnu, en forme de tubercule, de pièces palpigères développées, cornées, soudées entre elles, échancrées en avant, au point d'insertion des palpes, et prolongées au milieu en une petite pointe; palpes labiaux bi-articulés; le premier article assez court, épais, le second plus long, plus grêle, styloïde; languette nulle.

Segments thoraciques assez semblables dans leur forme aux segments abdominaux; pattes assez courtes, coniques, formées d'une hanche dirigée en dedans, d'une cuisse plus longue que le trochanter, d'une jambe courte, d'un tarse représenté par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, très-courts, recouverts de téguments durs, coriacés, hérissés de poils; segment terminal muni de deux appendices bien développés, coniques, recouverts de longs poils, et portant à leur extrémité un petit ongle mobile, de sorte qu'on doit les considérer comme bi-articulés. Anus petit, tubuleux, dirigé en arrière, ne servant probablement pas à la progression, à cause de la saillie des appendices dont la face inférieure de l'abdomen est munie. Ces segments, à partir du deuxième, présentent chacun en dessous et de chaque côté un petit prolongement conique, portant à son extrémité de longs poils raides, dirigés obliquement en arrière, disposition qui a évidemment pour but de faciliter la locomotion.

Stigmates?

Cette larve, quoique desséchée et raccourcie, avait cinq lignes de long sur une ligne de largeur; son corps, court et ramassé, présentait la forme déprimée et cylindrique de la larve d'un *Hister*. Sa couleur était d'un noir brillant, avec le mésothorax et le métathorax d'un jaune orangé; la tête, les deux derniers segments abdominaux, les appendices et les pattes étaient d'un brun obscur, les poils noirs.

Erichson fait suivre cette description des réflexions suivantes, que nous croyons également utile de reproduire : « Si la détermina-

tion de cette larve était certaine, elle jetterait un grand jour sur les analogies des Paussides, et il ne serait plus douteux que l'on doit former une famille de ce groupe déjà assez riche en espèces. Elle rappelle beaucoup les larves des Carabiques par la conformation de la tête, et surtout des parties de la bouche et du nombre des ocelles; mais elle s'en éloigne, d'abord par ses tarses munis d'ongles simples, ensuite par les appendices bi-articulés du segment terminal. Ces deux derniers caractères distinguent des Carabiques les larves des Staphyliens, des Histérides, des Silphales, de sorte que nous pouvons mieux comparer la larve du *Paussus* à ces groupes. Elle se rapproche des Silphales par la dureté de ses téguments, mais la conformation de la bouche l'en sépare, puisque les Silphales ont une lèvre supérieure distincte et un lobe maxillaire soudé à la pièce basilaire des mâchoires; le nombre des ocelles est le même dans les deux types que nous comparons, mais leur disposition est différente. La larve supposée de *Paussus* est plus voisine de celles des deux autres groupes, c'est-à-dire des Staphyliens et des Histérides, notamment par la composition de la bouche, quoique chez elle le lobe maxillaire soit bi-articulé, tandis qu'il est formé d'une seule pièce, mobile il est vrai, dans ces deux familles. Au reste, la larve de *Paussus*, aussi bien que l'insecte parfait, se distingue par la grandeur remarquable du deuxième article des palpes maxillaires. »

« Il résulte de ces observations que les Paussides ont des points de contact avec les Staphyliens; seulement des termes intermédiaires manquent dans la série; peut-être un jour les larves des *Claviger* viendront-elles les former. »

Au rapport de M. Westwood (Proceed. of the entom. Soc. of London 1837 p. 104), le capitaine Boys aurait décrit les métamorphoses du *Paussus bifasciatus* dans le Journal of the Asiatic Society of Bengal.

CUCUJIPES.

Ces larves sont de forme allongée et déprimée; la tête et le segment terminal sont cornés, les autres segments tantôt parcheminés, tantôt recouverts d'une peau mince et molle.

Tête dirigée en avant.
Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, ou nuls.
Antennes médiocres, de quatre articles.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct.

Lèvre supérieure soudée au front, limitée seulement par une suture.

Mandibules se recouvrant mutuellement.

Mâchoires avec un lobe soudé.

Lèvre inférieure présentant une languette peu saillante.

Pattes assez longues, articulées sur les côtés des segments thoraciques, terminées par un ongle simple.

Dernier segment abdominal petit, muni d'une paire de cornes arquées; anus saillant, rétractile.

Dans la partie située entre le huitième et le neuvième segment, du moins dans plusieurs des grandes espèces, se trouvent en dessus et en dessous des appendices, dont les uns sont uni-articulés, les autres bi-articulés.

Ces larves vivent sous les écorces des arbres et probablement de la même manière que celles des *Pyrochroa*.

Ces caractères très-succints ont été établis par Erichson dans sa Faune des insectes d'Allemagne en 1848. Antérieurement, en 1842, dans les Archives de Wiegmann, il les avait déjà donnés, mais d'après un nombre moindre d'espèces.

Cette petite famille se compose de trois groupes, et l'on connaît des larves appartenant à chacun d'eux. Nous ne pouvons mieux faire que de traduire les descriptions qu'en a données Erichson.

Groupe 1. Passandrides.

Prostomis. Latr.

P. mandibularis. Fabr.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1847. I, p. 285.

Tête un peu plus large que les segments thoraciques, un peu relevée sur les côtés, rétrécie vers la bouche.

Ocelles nuls.

Antennes de quatre articles; le premier recouvert d'une peau mince, le deuxième assez petit, le troisième plus gros que les autres, portant un appendice articulé à son extrémité, le quatrième petit, grêle.

Chaperon très-étroit, à peine distinct de la plaque sus-céphalique.

Lèvre supérieure petite, étroite, bien séparée du chaperon.

Mandibules peu développées, étroites, dirigées en avant, fortement bi-dentées à leur extrémité, un peu épaissies à leur base.

Mâchoires présentant un lobe soudé à la pièce basilaire, crochu, cilié sur son bord interne; des palpes maxillaires de quatre articles, dont le premier très-court.

Lèvre inférieure formée d'un menton petit, quadrangulaire; de pièces palpigères soudées, de petits palpes labiaux bi-articulés; d'une languette étroite, peu développée.

Segments thoraciques un peu plus étroits que la tête et que les segments abdominaux; pattes articulées latéralement et dirigées de côté, comme chez les *Cucujus*.

Segments abdominaux au nombre de neuf; les sept premiers également gros, le huitième un peu plus petit, notablement plus étroit, le neuvième peu développé, muni de petites cornes terminées par de faibles pointes.

Pas d'appendices articulés entre les derniers segments. Anus tubuleux servent à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires; la première située entre le prothorax et le mésothorax sur un petit prolongement conique; les autres sur les huit premiers segments abdominaux; toutes sont latérales.

Cette larve a le corps recouvert d'une peau molle, avec la bouche, les antennes, à partir du deuxième article, et les extrémités des ongles cornés. Sa forme est aussi allongée, aussi étroite et aplatie que celle des *Cucujus*; chaque segment est arrondi sur les côtés et un peu rétréci près des articulations. Elle est d'une couleur blanchâtre et la couleur noire du canal digestif se voit par transparence.

Elle a été trouvée dans le bois de chêne en décomposition, en compagnie de la *Formica brunnea*. Latr.

Groupe 2. Cucujides.

Cucujus. Fabr.

C. hæmatodes. Er. (Pl. II, fig. 8).

Assman, Entom. Zeit. 1851, Tab. II, C. D. D. Bonne figure sans description.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1845, p. 510.

Tête cornée, de la largeur des segments abdominaux, à bords latéraux un peu relevés en arrière.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, disposés en deux séries transversales un peu irrégulières : l'antérieure de trois, la postérieure de deux.

Antennes assez allongées ; leur premier article très-court, large, annulaire, les suivants graduellement plus grêles ; le troisième plus long que le deuxième, le quatrième petit, aciculé, recouvert à son extrémité de quelques poils fins.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct, un peu dirigée en avant entre les mandibules, comme dans l'insecte parfait.

Lèvre supérieure cornée, soudée à la plaque sus-céphalique, limitée seulement par une ligne suturale.

Mandibules arquées, à extrémité bi-dentée, à bord interne simple.

Mâchoires à lobe soudé avec la pièce basilaire, crochu, dirigé en dedans, aminci, cilié sur son bord interne ; palpes labiaux courts, de trois articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton quadrangulaire, de pièces palpigères soudées entre elles, de palpes labiaux petits, bi-articulés ; d'une languette cornée, courte et arrondie en avant.

Segments thoraciques plus étroits que la tête et les segments abdominaux ; prothorax un peu plus long que les suivants et moins arrondi sur les côtés ; pattes médiocrement courtes, articulées sur les côtés des segments, formées d'une hanche très-courte, d'un trochanter un peu plus long, d'une cuisse et d'une jambe d'égale longueur, enfin d'un tarse consistant en un ongle simple, faiblement recourbé.

Segments abdominaux au nombre de neuf ; les sept premiers de dimensions à peu près égales, le huitième pas plus large que les autres, mais de moitié plus long ; le neuvième peu développé, corné, terminé par deux cornes assez allongées, légèrement recourbées en haut ; au côté supérieur de la base de ces cornes sont encore deux petits prolongements recourbés dans le même sens ; à la face supérieure se trouve de chaque côté du pli qui sépare les deux derniers segments, un appendice cylindrique, mobile, bi-articulé ; à la face opposée s'élèvent aux mêmes endroits deux prolongements plus gros, affectant la forme d'ongles. Anus tubuleux, rétractile.

Stigmates au nombre de neuf paires ; les deux premières situées sur de petits prolongements tubuleux dans le pli qui sépare le pro-

thorax du mésothorax; les suivantes placées latéralement sur les huit premiers segments abdominaux; au dessous de chaque stigmate se voient deux petits tubercules sétigères; sur le huitième segment les stigmates sont plus rapprochés de l'extrémité; sur les autres ils sont plus près du milieu.

Cette larve, qui mesure neuf lignes de longueur, est très-déprimée, à peu près de même largeur partout, d'un blanc jaunâtre, et recouverte de téguments consistants, parcheminés. La face dorsale des segments thoraciques et des huit premiers segments abdominaux présente un sillon longitudinal médian, et de chaque côté de celui-ci il existe une impression circulaire, enfermant dans son pourtour une petite strie longitudinale enfoncée.

Læmophloeus. Dej.

L. ater. Oliv.

Westwood, Intr. to the mod. modern. class. 1839, t. I, p. 146, fig. 12-19. Description peu détaillée.

Groupe 3. Brontides.

Brontes. Fabr.

B. planatus. L.

Erichson, Naturg. der Insect. Deutschl. 1846, p. 332.

Tête à peu près semblable à celle du *Cucujus hæmatodes*, présentant aussi cinq ocelles de chaque côté, disposés sur deux rangs, et très-rapprochés.

Antennes assez courtes, deux fois aussi longues que la tête; leur premier article très-court, annulaire; le deuxième un peu épaissi; le troisième et le quatrième allongés; le cinquième un peu plus court et plus grêle que le quatrième.

Mandibules présentant une extrémité courbée en faucille, obtusément bi-dentée; un bord interne fortement élargi à la base, et au même endroit une large surface molaire striée.

Palpes maxillaires de trois articles.

Lèvre inférieure composée de palpes labiaux bi-articulés, petits, et d'une languette cornée, arrondie en avant, dépassant à peine les palpes.

Segments thoraciques de la largeur de la tête et des segments ab-

dominaux; arrondis sur les bords latéraux; pattes articulées latéralement, dirigées en dehors, assez allongées.

Dernier segment abdominal tubuleux; entre ce segment et l'avant-dernier s'élèvent deux paires d'appendices assez allongés : les supérieurs formés d'une seule pièce, les inférieurs de deux; chacun se terminant par une soie.

Cette larve est allongée, étroite, très-déprimée; chaque segment est protégé en dessus et en dessous par un écusson corné.

Silvanus. Latr.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1842, I, p. 377.

S. sexdentatus. Fabr.

Blisson, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1849, t. VII, 2e sér., p. 163, pl. VI, n° 1, fig. 1-9.

S. surinamensis. L.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 154, fig. 13 (10-11).

CRYPTOPHAGIDES.

On connaît maintenant six à sept larves de cette famille, appartenant à différents genres; quoique assez semblables, elles présentent cependant des différences assez tranchées, celles des *Cryptophagus* ressemblant à celles des Colydiens, celles des *Atomaria* aux larves d'*Endomychus*. Nous nous bornerons à reproduire les descriptions de quelques-uns de ces types.

Cryptophagus. Herbst.

C. pilosus. Gyll.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1846, p. 548.

Tête à peu près dirigée droit en avant, aplatie en dessus et en dessous.

Ocelles nuls.

Antennes articulées au bord antérieur et latéral de la tête, courtes, de trois articles; le premier large et court, le deuxième cylindrique, épaissi; le troisième grêle, un peu plus court que le deuxième, cylindrique, muni d'une soie à son extrémité.

Plaque sus-céphalique présentant un chaperon très-étroit.

Lèvre supérieure arrondie, laissant à découvert le bord externe des mandibules.

Mandibules arquées, aiguës, présentant quelques dents obtuses sur leur bord interne.

Mâchoires formées d'une pièce basilaire épaisse, cylindrique; d'un lobe continu, triangulaire, aigu, muni de soies sur son bord interne; d'un palpe maxillaire assez court, de trois articles.

Lèvre inférieure présentant un menton allongé, échancré sur son bord antérieur, une languette coriacée semi-circulaire, et des palpes labiaux courts, bi-articulés.

Segments thoraciques assez semblables aux segments abdominaux; prothorax un peu plus long que les autres, rétréci en avant et corné; pattes courtes, formées d'une hanche non saillante, d'un trochanter court, d'une cuisse et d'une jambe un peu plus longues, d'un tarse consistant en un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, présentant un espace parcheminé dans leur milieu, et chacun sur les côtés, deux renflements placés l'un au-dessus de l'autre; les deux derniers entièrement coriacés; le segment terminal arrondi à son extrémité, muni en dessus de deux pointes recourbées en haut et cornées à leur extrémité; anus inférieur tubuleux, servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires; la première placée inférieurement dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax; les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux, en dedans du tubercule latéral supérieur.

Le corps de cette petite larve est charnu et parsemé de poils fins et rares. Elle vit de la même manière que l'insecte parfait.

C. Lycoperdi. Gyll.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 191, n° 18.

C. cellaris. Fabr.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 148, fig. 12 (6).

Newport, Trans. of the Linn. Soc. t. XX, 1850, p. 351, pl. XIV fig. 34.

C. hirtus. Gyll.

Blisson, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1849, t. VII, 2e sér. p. 315, pl. IX, n° II, fig. *a-n*.

C. dentatus. Herbst.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1852, t. X, p. 578, pl. XIV, n° 12, fig. 11-15.

Atomaria. Kirby.

A. nigripennis. Payk.

Erichson, Naturg. der Insecekt. Deutschl. 1846, p. 376.

Tête cornée, presque exactement dirigée en avant, aplatie en dessus et en dessous.

Un seul ocelle de chaque côté.

Antennes courtes, de trois articles : le premier très-court, annulaire, le deuxième cylindrique, le troisième aussi long que le deuxième, mais beaucoup plus grêle, avec une longue soie terminale; à l'extrémité du deuxième article se trouve un petit article appendiculaire, styloïde.

Lèvre supérieure très-saillante, arrondie en avant, recouvrant complètement les mandibules.

Mandibules arquées en dedans, bi-dentées à leur extrémité.

Mâchoires présentant un lobe soudé, courbé comme les mandidules, terminé par deux crochets grêles et recouvert de quelques soies à son extrémité; palpes maxillaires de trois articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton transversalement quadrangulaire; d'une languette large, arrondie en avant; de palpes labiaux bi-articulés, dépassant à peine la languette.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; pattes courtes, formées d'une hanche non saillante, d'un trochanter court, d'une cuisse et d'une jambe à peu près égales, et d'un tarse consistant en un ongle simple, assez allongé.

Segments abdominaux au nombre de neuf; le segment terminal arrondi, dépourvu de pointes. Anus peu saillant, servant peut-être aussi à la progression.

Cette petite larve est de forme raccourcie, blanche, et recouverte de longs poils dressés et serrés.

Diphyllus. Dej.

D. lunatus. Fabr. (Pl. II, fig. 7).

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1851, t. IX, 2e sér. p. 42, pl. II, n° III, fig. 10-16. Nous donnerons une courte analyse de la description, tracée par M. Perris, avec son exactitude ordinaire :

Tête saillante, presque aussi large que le corps, arrondie, subcornée et roussâtre.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, disposés en deux séries transversales, derrière l'insertion des antennes.

Antennes formées de quatre articles : le premier court, les deux suivants presque égaux; le troisième portant à son extrémité un article très-grêle, et à côté de lui un petit article appendiculaire.

Epistôme court et trapézoïdal; labre cilié et semi-discoïdal.

Mandibules assez fortes, peu arquées, ferrugineuses, à extrémité noirâtre et bifide.

Mâchoires à lobe assez allongé, cylindrique, obtus et muni de quelques soies; palpes maxillaires de trois articles.

Palpes labiaux de deux articles.

Corps formé de douze segments : le premier, le plus grand de tous, est roussâtre en dessus, sauf le tiers postérieur; les dix suivants offrant antérieurement une bande roussâtre; le dernier d'un blanc roussâtre, portant un anus saillant, servant à la progression. Pattes assez fortes, hérissées de quelques soies et terminées par un ongle peu crochu.

Cette petite larve, linéaire, longue de six millimètres, a été trouvée dans la *Sphæria concentrica*, Pers. production cryptogamique des souches de frêne. Les métamorphoses postérieures s'effectuent en terre.

LATRIDIENS

De nouvelles observations sont nécessaires pour exposer les caractères généraux des larves de ce groupe, les descriptions qu'on en possède actuellement étant peu comparables entre elles. Parmi ces dernières, celle qui a été donnée par M. E. Perris est la plus complète et sans contredit la plus exacte. Nous la reproduirons comme type des larves de la famille.

Latridius. Herbst.

L. lardarius. L.

De Geer, Mém. t. V, 1775. Mém. I, p. 46, pl. II, fig. 27-28.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 155, fig. 15 (22).

L. porcatus. Herbst.

Kyber, in Germar's Magaz. der entom. 1817, t. II, p. 1, pl. I, fig. 1-6.

Mannerheim, in Germar's Zeitsch. für die entom. 1844, t. V, p. 9.

L. minutus. L. (Pl. II, fig. 10).

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1852, t. X, 2e sér. p. 581, pl. XIV, n° III, fig. 16-20.

Cet auteur donne de la manière suivante les caractères de cette larve :

Tête ovale, légèrement creusée sur les côtés, au dessus et au dessous des antennes, peu bombée en dessus, d'un blanchâtre livide, avec une bordure antérieure brune, une petite tache brune sur le front, et une grande tache de même couleur de chaque côté du vertex. Antennes de trois articles, selon De Geer, de quatre d'après moi, parce que j'y comprends un article basilaire et rétractile que De Geer n'a sans doute pas bien vu, ou qu'il considère peut-être comme dépendant de la tête; article basilaire et le suivant courts et égaux; troisième article une fois et demie aussi long que les deux précédents réunis, un peu plus étroit à la base qu'à l'extrémité, qui porte un petit article supplémentaire; quatrième article filiforme, de la longueur du troisième et surmonté d'un long poil délié. Epistôme trapézoïdal; labre assez saillant, cilié et légèrement échancré au bord antérieur; palpes maxillaires allongés, de trois articles, dont les deux premiers égaux et le troisième plus long que chacun des deux autres et surmonté d'un poil; lobe des mâchoires cylindrique, atteignant à peu près l'extrémité du deuxième article des palpes et muni au bout de trois ou quatre petits cils spinuliformes.

De Geer ne parle pas de mandibules, et, quant à moi, je déclare que, malgré tous mes soins, je n'ai pu en apercevoir. A la place de ces organes, j'ai constaté très-positivement l'existence de deux corps, qui ont de l'analogie avec des mandibules et qui se meuvent comme elles, mais qui en diffèrent en ce qu'ils sont charnus et non cornés, à peu près triangulaires et non crochus, et qui m'ont paru insérés ou plutôt articulés entre les mâchoires. Ces crochets sont munis extérieurement, près de l'extrémité, de trois poils assez longs, et à l'extrémité, de deux petites dents presque droites et cornées. Ces organes, s'ils n'ont pas la dureté et l'énergie des mandibules, sont cependant susceptibles de les suppléer et les spinules qui les terminent en font très-positivement des organes de trituration ; mais,

en tout cas, l'absence de véritables mandibules constitue un caractère d'autant plus remarquable qu'il est plus rare. C'est du moins le premier exemple que j'en vois dans une larve de Coléoptère.

Quant aux palpes labiaux et à la lèvre inférieure je n'ai pu, nonobstant les observations les plus patientes et les plus attentives, en constater l'existence ; autre caractère qui ne serait pas moins remarquable que le précédent.

D'après le naturaliste suédois, la larve du *L. lardarius* est pourvue de deux petits yeux. Celle dont il s'agit ici a également sur chaque joue, au dessous de l'antenne, un point noir qui ressemble à un œil; mais ce point, observé à une forte loupe, m'a paru composé de cinq ocelles contigus et disposés en arc de cercle.

Corps elliptico-linéaire, d'un blanc un peu sale et livide en dessus, plus pâle en dessous, formé de douze segments bien distincts ; segments thoraciques plus grands que les autres ; le premier marqué en dessus de deux taches brunes ; le dernier segment abdominal suivi d'un mamelon charnu tronqué et même un peu échancré. Ce mamelon, signalé par de Geer, est un pseudopode qui, en s'appliquant sur le plan de position, sert aux mouvements de la larve.

Pattes au nombre de six, longues et grêles, munies de quelques soies courtes et terminées par un ongle assez long et presque droit.

Tête et corps hérissés de poils mous et longs, très-visibles le long des flancs, mais fort apparents aussi en dessus et en dessous, lorsqu'on observe la larve de profil. La plupart de ces poils ne présentent rien de particulier ; mais, vus au microscope, certains, en plus ou moins grand nombre, sont terminés par un petit bouton en forme de gland.

Stigmates au nombre de neuf paires et paraissant disposés, savoir : la première paire au bord antérieur du mésothorax, les autres près du bord antérieur des huit premiers segments abdominaux.

De Geer ayant trouvé la larve du *L. lardarius* sur une vessie de porc desséchée, on est tenté d'en conclure que les larves de *Latridius* en général sont carnivores. Cependant M. Perris incline à croire que celle du *L. minutus* se nourrit de productions cryptogamiques, ou plutôt des excréments et des dépouilles des insectes qui vivent avec elle.

Corticaria. Manh.

C. pubescens. Illig.

Perris, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1852, t. X, 2e sér. p. 585, Pl. XIV, n° 4, fig. 21-25.

D'après M. Perris, cette larve, sauf quelques différences dans la forme et la disposition des poils qui recouvrent les segments, présente complètement l'organisation de celle du *L. minutus* décrit ci-dessus.

MYCÉTOPHAGIDES.

On connaît seulement deux larves de cette famille, que l'on peut caractériser de la manière suivante :

Tête assez petite, arrondie, un peu penchée; plaque sus-céphalique légèrement impressionnée à sa partie antérieure.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, derrière l'insertion des antennes, disposés en deux séries transversales, l'antérieure formée de trois, la postérieure de deux; tous petits, arrondis.

Antennes courtes, formées tantôt (*Mycetophagus multipunctatus*) de trois articles, dont le premier très-court, le dernier muni d'une soie à son extrémité; tantôt de quatre articles (*Triphyllus*), avec un article supplémentaire à l'extrémité du troisième.

Chaperon séparé de la plaque sus-céphalique par une ligne transversale peu profonde.

Lèvre supérieure distincte, arrondie.

Mandibules petites, assez fortes, non saillantes, bifides à leur extrémité, sans surface molaire à leur base.

Mâchoires courtes, présentant un lobe soudé, recouvert de soies à son extrémité, des palpes maxillaires de trois articles, dont le deuxième court, le troisième allongé, grêle, muni de quelques soies à son extrémité.

Lèvre inférieure charnue; languette tantôt arrondie, tantôt échancrée; palpes labiaux courts, bi-articulés, ne dépassant pas la languette.

Segments thoraciques présentant de chaque côté un point corné; pattes assez courtes, avec les hanches peu allongées et dirigées en dehors; tarse consistant en un petit ongle simple, corné à son extrémité.

Segments abdominaux au nombre de neuf, présentant sur les côtés plusieurs petits points cornés, et chacun un petit tubercule arrondi. Segment terminal plus petit et portant en dessus deux petites pointes redressées et un peu dentelées. Anus formant un appendice rétractile, servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires; ceux de la première arrondis et un peu plus grands que les autres, placés latéralement dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax; les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux.

Ces caractères ont été donnés par Erichson comme appartenant à la larve du *Mycetophagus multipunctatus;* nous les avons modifiés en quelques points d'après la description d'une autre espèce, faite avec beaucoup de soin par M. E. Perris.

Ces larves ont le corps subcylindrique, recouvert de téguments minces et parsemés de quelques poils; chaque arceau dorsal présente une bande sub-coriacée, transversale. Elles offrent quelques analogies avec celles des Mélyrides, des Nitidulaires, des Colydiens, des Cryptophagides, d'une part, et des Dermestins de l'autre; elles se distinguent de ces dernières par leur corps presque glabre, et des autres par leur tête arrondie et un peu penchée.

Mycetophagus. Helwig.

M. multipunctatus. Helwig.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1847. I, p. 285.

M. 4-pustulatus. L.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 155; quelques mots seulement d'après M. Waterhouse.

Triphyllus. Meg.

T. punctatus. Fabr. (Pl. II, fig. 11).

Perris, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1851, 2e série, t. IX, p. 59, Pl. II, n° 2, fig. 1-9.

DERMESTINS.

En 1841, Erichson avait donné dans les Archives de Wiegman les caractères généraux des larves de cette famille. De nouvelles observations lui ont permis de reprendre ce sujet dans sa Faune des insectes d'Allemagne et de le traiter d'une manière plus complète.

C'est d'après cet excellent observateur que nous exposons les caractères de ce groupe :

Tête petite, arrondie et cornée, convexe en avant, à bouche dirigée inférieurement.

Ocelles ordinairement au nombre de six de chaque côté.

Antennes de quatre articles, insérées assez près des bords latéraux de la tête.

Plaque sus-céphalique présentant un chaperon bien distinct.

Lèvre supérieure visible, saillante.

Mandibules courtes, fortes, très-dures ; leur bord interne simple, leur extrémité obtuse.

Mâchoires à deux lobes, l'interne grêle, corné, tantôt crochu (*Dermestes*, *Attagenus*), tantôt droit (*Trogoderma*, *Anthrenus*) ; l'externe membraneux, muni à son extrémité d'un faisceau de soies ; palpes maxillaires de trois articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton coriacé ou membraneux, quadrangulaire, allongé; d'une languette membraneuse; de palpes labiaux de deux articles ; de pièces palpigères séparées l'une de l'autre, petites, ressemblant à des articles de palpes, de sorte que le palpe paraît tri-articulé.

Corps recouvert d'une peau mince, tantôt coriacée, tantôt écailleuse, plus ou moins poilue ; composé de neuf segments abdominaux; pattes courtes; hanches cylindriques, appliquées contre le corps, dirigées obliquement en dedans et en arrière ; tarse consistant en un ongle simple.

Stigmates au nombre de neuf paires : la première située sur le côté inférieur du bord antérieur du mésothorax, les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux.

Lors de la première métamorphose, la peau de la larve se fend sur le dos et sert d'enveloppe à la nymphe; celle-ci se dépouille en grande partie des faisceaux de longs poils des segments postérieurs, tandis qu'elle conserve les poils qui recouvrent le reste du corps.

Ces larves paraissent se nourrir exclusivement de substance animale. Quelques-unes se trouvent sous les charognes (quelques *Dermestes*) ; celles des genres *Dermestes* (partim), *Attagenus*, *Trogoderma*, attaquent principalement les fourrures, les peaux des mammifères, des oiseaux ; celles des *Megatoma* et des *Tiresias* se trouvent dans le bois rongé par d'autres insectes, et se nourrissent des dépouilles que ceux-ci y ont abandonnées. Il en est de même

des larves d'*Anthrenus*, qui causent de si grands ravages dans les collections d'histoire naturelle. En un mot, ces larves paraissent destinées à faire disparaître toute espèce de substance animale privée de vie.

Celles connues jusqu'à ce jour, peuvent se ranger dans trois catégories :

I. Segment terminal muni de deux pointes cornées; anus tubuleux servant à la progression; corps densément recouvert de longs poils hérissés, qui sous un fort grossissement paraissent ramifiés : *Dermestes.*

II. Segment terminal simple ; anus ne servant pas à la progression ; corps recouvert de téguments cornés, protégés par de petites écailles couchées, éparsément poilus ; à l'extrémité de l'abdomen un faisceau de longs poils : *Attagenus.*

III. Segment terminal simple; anus ne servant pas à la progression ; corps un peu déprimé, plus ou moins poilu ; terminé par un faisceau de longs poils plus ou moins fourni. Ces poils sont semblables à ceux que l'on observe communément chez les insectes, c'est-à-dire que sous un fort grossissement ils se montrent ramifiés. A la face supérieure des derniers segments abdominaux se trouvent encore de chaque côté des faisceaux de poils particuliers; ces poils sont articulés, mais les articulations ne sont pas mobiles les unes sur les autres ; chacun d'eux est aminci à sa base et se termine par une extrémité renflée. Ces faisceaux de poils grêles, qui sont plus ou moins allongés, sont rassemblés et couchés au repos, mais la larve peut les relever, les séparer et en former ainsi de petites houppes. On trouve encore des poils semblables sur les segments antérieurs, et spécialement sur les espaces membraneux qui relient les arceaux, mais ils sont plus petits, épars et ne forment pas de faisceaux. *Trogoderma*, *Tiresias*, *Anthrenus*.

Dermestes. L.

Tête plus petite que le prothorax, arrondie, cornée.

Ocelles au nombre de six de chaque côté.

Antennes à articles diminuant graduellement de grosseur ; le premier très-court, faisant à peine saillie de l'excavation où sont insérées les antennes ; le troisième plus long que les autres, le quatrième petit, avec une soie terminale.

Plaque sus-céphalique présentant un chaperon distinct, corné.

Lèvre supérieure saillante, cornée; son bord antérieur légèrement échancré dans son milieu.

Mandibules courtes, fortes, tri-dentées à leur extrémité; leur bord interne présentant vers la base une petite lamelle membraneuse, en dessous de laquelle se trouve un petit pinceau de soies dirigées en dedans.

Mâchoires présentant un lobe externe membraneux, densément recouvert de soies à son extrémité; un lobe interne sous forme d'une pointe crochue simple; palpes maxillaires courts, de trois articles; le troisième,un peu plus grêle et plus long que les autres, avec une petite soie terminale.

Lèvre inférieure composée d'un menton quadrangulaire allongé, coriacé, et d'une languette coriacée, semi-circulaire; palpes labiaux courts, bi-articulés; pièces palpigères séparées, ressemblant chacune à un article de palpe; ces trois articles à peu près d'égale grosseur.

Thorax formé de segments protégés comme les segments abdominaux; le prothorax presque deux fois aussi long que les suivants; pattes médiocrement longues.

Segments abdominaux au nombre de neuf, protégés en dessous par des téguments parcheminés et recouverts de poils dirigés en arrière; chacun deux présentant en dessus un écusson écailleux, mat. Cet écusson, qui s'étend jusque sur les côtés de l'abdomen, ne recouvre nullement celui des arceaux voisins.

Segment terminal petit, présentant en dessus deux pointes courbées vers le bas; anus tubiforme, servant à la progression.

Chaque arceau dorsal présente, au bord postérieur de son écusson, une série de poils serrés, raides, dirigés en arrière, et au devant de celle-ci une autre série de poils très-longs diversement dirigés; le reste de leur surface est recouvert de poils plus courts; le prothorax seulement présente sur son bord antérieur une série de longs poils dirigés en avant, et sa surface est recouverte de poils plus longs que ceux des autres segments.

D. murinus. L.

Bouché, Naturg. der Insek'. 1834, p. 189, n° 14.

D. lardarius. L.

Blankaart, Schouburg der Rupsen, Wormen, etc. 1688, p. 95, Pl. XI, fig. K, L, M.

Goedart, Métam. natur. t. II, p. 172, expér. 41, 1700. (Traduct. franç.).

Frisch, Beschr. von all. Ins. 1720, 1re part., p. 35, Pl. X.

De Geer, Mém. 1774, t. IV, Mém. V, p. 194, Pl. VII, fig. 1-9.

Meineckens, Naturforscher t. III, p. 55, 1774.

Herbst, Naturg. aller bekannt. Ins. 1792, t. IV, p. 118, pl. G, 4-7.

Meineckens, Magaz. für die Liebh. der Entom. von Füssly, 1779, vol. II, p. 126.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des ins. 1802-1805, t. IX, p. 235.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des Insect. t. V, 1835, Col. II, p. 369 et 382.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 158, fig. 14 9-16.

Sturm, Deutschl. Insect. 1847, t. XIX, p. 65, pl. 349.

D. undulatus. Brahm. (Pl. III, fig. 1).

Nous avons trouvé la larve de cette espèce en été, sur les bords de l'Ourte; elle était occupée à dévorer les restes des chairs d'un poisson desséché et rejeté sur la rive. En la comparant avec celle du *Dermestes lardarius*, nous n'avons trouvé aucune différence essentielle dans les organes buccaux. Dans les deux espèces les antennes sont terminées par un article double, l'externe beaucoup plus petit que l'interne, caractère qui n'avait pas été signalé par Erichson. Quant aux différences, voici ce que nous avons observé : la taille est un peu moins considérable; le corps d'un brun presque noir et recouvert de poils moins nombreux, mais notablement plus gros et plus longs; au lieu d'être fauves, ils sont d'un brun noirâtre, et plus hérissés; les pointes du segment terminal sont un peu plus courtes et à peu près droites.

Attagenus. Latr.

Tête petite, arrondie.

Ocelles au nombre de six de chaque côté.

Antennes plus courtes que la tête, de quatre articles : le premier très-court, le deuxième et le troisième allongés, celui-là le plus long; le troisième un peu plus court et un peu plus grêle que le deuxième, le quatrième petit, avec une soie terminale.

Mandibules courtes, fortes, avec leur extrémité obtuse et très-dure; leur bord interne lisse.

Mâchoires présentant un lobe externe membraneux, terminé par un faisceau de soies; un lobe interne finissant en pointe crochue, et muni en dedans de deux soies fortes et raides; palpes maxillaires un peu allongés; les deux premiers articles à peu près égaux en longueur, de même grosseur, le troisième plus court et plus grêle, graduellement aminci, et terminé par une soie.

Lèvre inférieure formée d'un menton transversalement quadrangulaire, devenant membraneux vers son extrémité; d'une languette membraneuse, arrondie en avant, à bord antérieur recouvert dans son milieu de poils épais et dirigés en avant; de palpes labiaux de deux articles; de pièces palpigères séparées l'une de l'autre et semblables chacun à un article de palpe; ces trois articles sont d'égale longueur, mais de grosseur successivement décroissante.

Thorax formé de segments semblables aux segments abdominaux, sauf le prothorax qui est un peu plus long; pattes courtes et fortes.

Segments abdominaux au nombre de neuf; chacun d'eux complètement corné et recouvrant par son bord postérieur une partie du segment suivant; le terminal petit et simple.

Le corps de cette larve qui est allongé, étroit, cylindrique et aminci en arrière, est recouvert en dessus et en dessous de petites écailles arrondies, serrées; au bord postérieur de chaque anneau se trouve une série de soies dirigées en arrière et sur les côtés quelques longs poils dressés; le côté ventral est recouvert de poils dirigés en arrière; l'abdomen est prolongé postérieurement par un faisceau de poils longs et dirigés vers la région dorsale. Cette larve est brune en dessus et plus pâle en dessous; la solidité de ses téguments lui donne une certaine élasticité et sa marche est un peu saccadée.

Nous avons donné plus haut la description d'Erichson relative à la larve de l'*Attagenus pellio* L., qui forme, comme nous l'avons vu, le deuxième type des larves de cette famille.

A. pellio. L. (Pl. III, fig. 3).

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, part. V, p. 25, pl. VIII.

De Geer, Mém. T. IV, Mém. V, p. 199.

Meineckens, Magaz. für die Liebh. von Fuessly, 1779, t. II, p. 126.

Audouin et Brullé, Hist. natur. des ins. t. V, 1835, Coleop. II, p. 368.

Sturm, Deutschl. Insect. t. XIX, 1847, p. 73, tab. 334.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl, t. III, 1848, p. 458.

A. Schaefferi. Herbst.

Rosenhauer, Entomol. Zeitung, 1847, p. 325.

A. megatoma. Fabr.

Sturm, Deutschl. Insect. 1847, t. XIX, p. 78, pl. 334.

Trogoderma. Latr.

Les larves de ce genre ont la plus grande analogie avec celles des *Tiresias* et des *Anthrenus*, quoique au premier aspect elles paraissent bien différentes. Cela vient de ce qu'elles sont moins hérissées et que leurs poils étant plus courts, la couleur du corps apparait davantage. Elles sont un peu plus allongées et plus aplaties que celles des *Anthrenus;* la tête est cornée et présente six ocelles de chaque côté; chaque arceau dorsal est protégé par un écusson parcheminé, orné de deux séries de poils raccourcis; les poils de la série antérieure sont dirigés en avant, ceux de la série postérieure en arrière; sur les côtés se trouvent des poils plus longs. Les côtés des arceaux dorsaux des quatre segments qui précèdent le segment terminal sont munis de faisceaux de poils courts et très-serrés. Ces poils, que la larve peut redresser, sont de même nature que ceux des faisceaux des *Anthrenus.* Le segment terminal est muni d'un faisceau grêle de poils très-longs et dirigés en arrière. La région ventrale est aussi recouverte de poils courts et également dirigés en arrière.

Sturm, dans sa Faune des insectes d'Allemagne (t. XIX, 1847, p. 82), a reproduit les caractères ci-dessus tracés par Erichson.

Tiresias. Steph.

La larve du *Tiresias serra* Fabr. a beaucoup d'analogie avec celle des *Anthrenus;* la tête est cornée avec six ocelles de chaque côté; le corps, allongé et un peu déprimé, est protégé par une peau presque coriacée, d'un brun obscur, et recouverte de longs poils dressés. Les segments thoraciques sont plus larges que les segments abdominaux, qui sont assez étroits. De chaque côté des arceaux dorsaux des quatre segments qui précèdent le dernier, se trouve un faisceau de poils plus courts, mais très-serrés; au repos ces faisceaux sont couchés et dirigés en arrière, mais la larve peut les re-

dresser à volonté. Le segment terminal porte un faisceau de longs poils dirigés en arrière, et qui a quelque analogie avec une queue de cheval.

T. serra. Latr. (Pl. III, fig. 2).

Waterhouse, The entomol. Magaz. vol. II, p. 373, pl. X, fig. 3.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, 1, p. 159, fig. 14, 18.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. IV, 2e sér. 1846, p. 339, pl. IX, n° 4, fig. *g*, *h*, *i*.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1846, p. 451.

Sturm, Deutschl. Insekt. t. XIX, 1847, p. 83.

Anthrenus. Geoff.

Les larves de ce genre sont de forme raccourcie et légèrement convexes.

Tête petite, arrondie, recouverte de poils très-serrés; six ocelles de chaque côté.

Antennes peu allongées; les deux premiers articles, et surtout le premier, courts; le troisième un peu plus grêle, allongé; le quatrième beaucoup plus court, grêle, avec une petite soie terminale.

Lèvre supérieure membraneuse, ciliée sur ses bords, légèrement échancrée dans son milieu.

Mandibules obtusément amincies.

Mâchoires présentant un lobe interne corné, étroit, acuminé, légèrement courbé en dedans; un lobe externe de la longueur du précédent, large, recouvert de soies à son extrémité; les palpes ne sont pas plus allongés que les lobes et formés de trois articles : le premier court, les deux autres à peu près égaux.

Menton allongé, membraneux; languette de même nature, arrondie, présentant à son extrémité un faisceau de poils.

Les palpes labiaux sont courts et atteignent à peine la longueur de la languette; le premier article est court, le deuxième arrondi.

Les segments thoraciques sont plus longs que les suivants; tous sont protégés par des écussons transversaux parcheminés. Le corps est recouvert de poils dressés, plus longs vers l'extrémité postérieure où ils ne forment pas ordinairement de faisceaux. De chaque côté de la région abdominale postérieure s'élèvent trois faisceaux de ces poils articulés dont nous avons parlé plus haut.

Les larves d'*Anthrenus* sont extrêmement communes et beaucoup d'auteurs en ont parlé; nous nous bornerons à citer :

De Geer, Mém. t. IV, Mém. V, 1752, p. 202 et suiv.

Sturm, Deutschl. Insekt. t. II, 1807, p. 125.

Audouin et Brullé, Hist. natur. des ins. t. V, Coléop. II, 1835, p. 367, pl. 15, fig. 4*a*.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. t. III, 1846, p. 453 et suiv.

A. museorum. Fabr.

De Geer, Mém. 1774, t. IV, Mém. V, p. 205, pl. VIII, fig. 1-10.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insect. 1837, p. 403.

Disderi, Mém. de l'Acad. de Turin, t. XVI, p. 68; Mœurs.

Latreille, Nouv. dict. d'Hist. nat. vol. II, p. 161.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 160, fig. 14, 20.

Erichson, Naturg. der Ins. Deutschl. 1846, t. III, p. 458.

A. scrophulariæ. Fabr.

De Geer, Mém. 1774, t. IV, Mém. V, p. 203.

Erichson, Naturg. der Ins. Deutschl. 1846, t. III, p. 454.

A. varius. Fabr.

Erichson, Naturg. der Ins. Deutschl. 1846, t. III, p. 455.

Trinodes. Meg.

Cette larve a la plus grande ressemblance avec celle des *Anthrenus*. Deux ocelles de chaque côté de la tête; corps recouvert d'une peau mince; chaque arceau dorsal présentant une tache carrée d'un noir brunâtre; chacune de ces taches se prolonge sur les côtés en une ligne cornée qui atteint l'extrémité des arceaux, et simule une côte latérale. Le corps est recouvert de poils noirs, les uns courts, les autres allongés; ces poils sont dressés sur le dos et les parties latérales, tandis que sur la région ventrale et à l'extrémité du corps ils sont dirigés en arrière; sur cette dernière ils sont plus nombreux et plus serrés.

T. hirtus. Fab.

Erichson, Naturg. der Ins. Deutschl. 1846, p. 460.

BYRRHIENS.

Une seule larve de cette famille est décrite dans les auteurs. Nos recherches nous permettent d'en ajouter deux autres ; mais comme l'une de celle-ci présente une conformation très-différente de celle des espèces typiques, nous diviserons, à l'exemple d'Erichson, la famille en trois petits groupes.

Groupe 1. Nosodendrides.

Nosodendron. Latr.

N. fasciculare. Oliv. (Pl. III, fig. 6).

Cette larve, longue de 3 ½ à 4 lignes, présente les caractères suivants :

Tête cornée, horizontale, à bouche dirigée en avant, convexe et irrégulière en dessus, plane en dessous.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, disposés en deux séries : l'antérieure de trois, située derrière les antennes, la postérieure de deux ; ces ocelles assez gros et saillants, distants les uns des autres.

Antennes insérées au dessus et un peu en dehors des mandibules, courtes, formées de trois articles ; le premier assez gros, le deuxième plus mince et plus long, le troisième très-petit, rudimentaire.

Plaque sus-céphalique présentant une carène obtuse, peu marquée, entre les antennes ; chaperon assez grand, arrondi en avant.

Lèvre supérieure nulle.

Mandibules irrégulièrement triangulaires, saillantes, peu épaisses, à bord externe courbe, finement denticulé et cilié vers la base, portant une dent aiguë à leur extrémité ; leur bord interne denté et fortement cilié vers sa partie basilaire.

Mâchoires munies d'un lobe bien développé, atténué vers l'extrémité et cilié sur son bord interne ; palpes maxillaires de trois articles, cylindriques : le premier court, le deuxième un peu plus long, le troisième presque aussi long que les deux précédents réunis et terminé par une extrémité obtuse.

Lèvre inférieure formée d'un menton transversal quadrangulaire ; de deux pièces palpigères distantes l'une de l'autre, peu développées, portant des palpes labiaux bi-articulés ; d'une languette assez

grande, saillante, fortement bifide et ciliée à sa partie antérieure; entre les palpes et la languette s'élèvent deux faisceaux de soies molles.

Segments thoraciques recouverts chacun d'un écusson corné, débordant latéralement le corps; prothorax un peu plus long, rugueux par suite de la présence de petits tubercules saillants; les deux autres segments présentant des stries longitudinales moins marquées que celles des segments abdominaux, et latéralement les premiers indices des prolongements de ces mêmes segments. Pattes courtes, composées d'une petite hanche dirigée en dedans; d'un trochanter court; d'une cuisse plus longue, cylindrique; d'une jambe très-petite, portant un tarse peu développé, terminé par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de huit, également recouverts d'écussons assez durs; les sept premiers ornés chacun de six petites côtes longitudinales, formées de petits tubercules rapprochés, et latéralement de part et d'autre d'un petit prolongement recouvert de longues soies jaunâtres, dressées et rayonnantes à leur extrémité; ces prolongements d'autant plus isolés qu'ils sont plus près de la partie terminale du corps; segment anal conique, très-grand, muni vers sa base de deux petits tubercules coniques, et sur sa surface de quatre côtes longitudinales, formées comme celles des arceaux précédents; anus non prolongé.

Malgré les recherches les plus minutieuses, nous n'avons pu découvrir les neuf paires de stigmates ordinaires; nous avons seulement trouvé à la face dorsale du premier segment de l'abdomen, et un peu en dedans du prolongement latéral, une saillie conique, assez élevée, qui nous a paru porter un stigmate. Les segments suivants n'offrent rien de semblable.

Cette larve est de forme ovalaire allongée, un peu rétrécie en arrière; son corps est recouvert en dessus de téguments assez résistants, presque crustacés, d'un brun obscur, en dessous d'une peau molle et jaunâtre. On la trouve en compagnie de l'insecte parfait dans les plaies humides des ormes.

Groupe 2. Byrrhides.

Erichson a donné les caractères suivants des larves de ce groupe, en prenant pour type celle du *Byrrhus pilula*.

Tête cornée, verticale, à bouche dirigée en bas.

Ocelles au nombre de deux de chaque côté, situés immédiatement derrière l'insertion des antennes, arrondis, à peu près égaux.

Antennes insérées au-dessus des mandibules, dans une excavation semi-circulaire, très-petites, de deux articles.

Plaque sus-céphalique présentant un petit chaperon limité par un sillon transversal.

Lèvre supérieure cornée, peu développée, subquadrangulaire.

Mandibules fortes, presque carrées, faiblement courbées en avant, un peu excavées vers leur base au côté postérieur.

Mâchoires placées dans l'excavation formée par les mandibules; composées d'une pièce cardinale oblique; d'une pièce basilaire épaisse, cylindrique; d'un lobe mobile, formé d'une seule pièce; enfin d'un palpe maxillaire assez court, de quatre articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton quadrangulaire charnu, de pièces palpigères soudées, et d'un palpe de deux articles; sans trace de languette.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux, sauf le prothorax, qui est très-gros, aussi long que les deux suivants réunis et recouvert d'un écusson plus dur.

Pattes de médiocre longueur, formées d'une hanche épaisse, dirigée obliquement en dedans et en arrière; d'un trochanter et d'une cuisse à peu près d'égale longueur; d'une jambe un peu plus courte et plus grêle; d'un tarse très-court, terminé par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus, recouverts en dessus d'écussons semi-circulaires subcoriacés; les deux derniers segments plus gros et inclinés vers le bas; le dernier présentant en dessous deux appendices servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, placées dans un sillon entre l'écusson dorsal et un renflement ventral; la neuvième sur la face inférieure entre le prothorax et le mésothorax.

Ces larves ont le corps charnu, cylindrique et un peu recourbé; on les reconnaît au premier coup d'œil à la grandeur du prothorax et du segment terminal. Elles se trouvent en terre sous le gazon.

Byrrhus. Fabr.

B. pilula. Illig. (Pl. III, fig. 4).

Latreille, Règne animal de Cuvier, 3e édit. Brux. 1836, t. II, p. 458.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 179, fig. 17 (17-18).

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841. I, p. 104. — Naturg. der Insect. Deutschl. 1846, p. 467.

Simplocaria. Marsh.

S. semistriata. Fabr. (Pl. III, fig. 5).

Cette larve, longue à peine de 2 ½ lignes, présente les caractères suivants :

Tête cornée, subhémisphérique, lisse à sa partie supérieure ; bouche dirigée en bas.

Ocelles au nombre de deux de chaque côté, arrondis, situés derrière les antennes, plus gros en proportion que chez les *Byrrhus*.

Antennes logées dans une petite excavation, près des mandibules, formées de trois articles distincts : le premier court, un peu plus gros que le deuxième, celui-ci plus allongé ; le troisième très-grêle et le plus court de tous.

Chaperon soudé à la plaque sus-céphalique.

Lèvre supérieure transversale.

Mandibules de grandeur médiocre, conformées comme celles des *Byrrhus*.

Mâchoires portant un lobe articulé et un palpe court, formé de quatre articles.

Lèvre inférieure composée d'un menton trapézoïdal, de deux pièces palpigères soudées, et de deux palpes labiaux bi-articulés.

Segments thoraciques et abdominaux conformés comme dans le genre typique ; seulement l'avant-dernier de ceux-ci n'est pas plus grand que les précédents. Pattes également normales ; la jambe seule est relativement plus allongée, et du double plus longue que le trochanter.

Le corps de cette larve est d'un vert jaunâtre pâle, à l'exception de la tête qui est brune. Nous l'avons trouvée au mois de mai dans

l'humus accumulé à l'intérieur d'un vieux saule; elle vit probablement de substance végétale décomposée.

On ne connaît encore aucune larve du dernier groupe de la famille, les Limnichides.

PARNIDES.

L'histoire de cette famille, composée de deux groupes seulement ayant pour types les genres *Dryops* et *Elmis*, est encore peu avancée, et l'on ne possède des renseignements que sur les larves du second. Erichson, dans les Archives de Wiegman, et plus tard dans sa Faune des Insectes d'Allemagne, assigne les caractères ci-après à celles des *Elmis :*

Tête petite, coriacée, penchée et reçue dans une échancrure du segment prothoracique.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté.

Antennes articulées sur les côtés de la tête; leur premier article court et large, le deuxième assez long, cylindrique, le troisième petit et grêle, avec une soie terminale; à l'extrémité du deuxième, près du troisième, se trouve implantée une soie semblable.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct.

Lèvre supérieure distincte, cornée, carrée, cachant les mandibules.

Mandibules presque cylindriques, à extrémité obtusément bidentée, échancrées vers le milieu du bord interne et présentant dans cet endroit un bord mince, coriacé et poilu; sans surface molaire distincte à leur base.

Mâchoires formées d'une pièce basilaire longue et épaisse, munie à son extrémité de deux lobes, dont l'interne soudé et cilié au côté interne, et l'externe articulé et cilié à son extrémité. Palpes maxillaires courts, à peine aussi longs que les lobes, formés de trois articles, mais le premier si court et tellement caché dans l'articulation qu'il est difficile de l'apercevoir; il y a aussi un rudiment de quatrième article.

Lèvre inférieure composée d'un menton allongé, d'une languette large, arrondie en avant et membraneuse, de palpes labiaux courts, bi-articulés.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; pattes courtes, composées d'une hanche appliquée contre le corps, dirigée en dedans et en arrière; d'un trochanter assez court; d'une

cuisse et d'une jambe d'égale longueur, et d'un tarse formé par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, recouverts de téguments coriacés, convexes en dessus, aplatis en dessous, à bords latéraux saillants; le segment terminal allongé et rétréci, portant en dessous l'anus placé sous un faisceau de poils, et muni d'un petit opercule; les bords latéraux des segments, sauf ceux du dernier, sont recouverts de petites lamelles pectinées et serrées.

Stigmates au nombre de neuf paires, situées inférieurement : la première sur le mésothorax, les autres sur le bord ventral des huit premiers segments abdominaux.

Ces petites larves sont très-communes dans les ruisseaux d'eau vive où elles se trouvent en toute saison avec les insectes parfaits. Erichson, qui a donné les caractères ci-dessus d'après l'*Elmis æneus*, n'a pas observé que le segment terminal présentât de fissure, comme cela avait été dit.

Elmis. Latr.

E. æneus, Müll.

P. J. W. Müller, Magaz. für Insectenkt. von Illig. t. V, p. 194, 1824. Espèce non désignée.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 118, fig, 7. (16-17). *E. æneus?*

Erichson, Naturg. der Insect. Deutschl. 1847, t. III, p. 525.

E. lithophilus Germ.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 107. Erichson fait remarquer que la larve qu'il décrit a été rapportée à cette espèce par voie d'exclusion seulement.

M. Westwood, (Introd. to the mod. class. 1839, t. I, fig. 7-18), a décrit et figuré une larve voisine de celles des *Elmis*, mais dont l'espèce n'est pas déterminée.

Macronychus. Müll.

M. 4-tuberculatus. Mül.

Contarini, Sopra il Macronychus 4-tuberculatus, 1832, p. 20. Cet auteur a connu la larve de cette espèce, mais il se borne à en dire quelques mots; sa forme générale ressemble assez, selon lui, à celle des larves de Lamellicornes.

HÉTÉROCÉRIDES.

Erichson a exposé de la manière suivante les caractères des larves de cette famille :

Tête arrondie, à bouche dirigée en avant.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, dont quatre latéraux, le dernier placé plus bas et plus en avant.

Antennes représentées seulement par un petit tubercule situé dans une légère excavation, derrière l'insertion des mandibules.

Plaque sus-céphalique portant un chaperon court.

Lèvre supérieure et mandibules prolongées en avant, comme chez l'insecte parfait ; les secondes présentant un bord externe relevé et embrassant la lèvre, dentées à leur extrémité, mais sans surface molaire à leur base et sans bord membraneux intérieurement.

Mâchoires composées d'une pièce basilaire soudée au menton et formant avec lui une grande pièce aplatie qui recouvre la tête en-dessous ; cette pièce, séparée du menton par une ligne suturale et à l'extrémité par une légère fissure, offre dans cet endroit deux petits lobes dont l'interne est continu, et l'externe articulé ; tous deux sont recouverts de quelques soies dirigées en dedans. Palpes maxillaires de trois articles : les deux premiers courts, le troisième le plus long, présentant à son extrémité une couronne de soies.

Lèvre inférieure formée d'un menton un peu rétréci en avant, portant à son extrémité les palpes labiaux qui sont bi-articulés ; leur deuxième article un peu plus long que le premier et muni d'une couronne de soies à son extrémité ; dans le point où devrait se trouver la languette on aperçoit seulement deux soies.

Segments thoraciques plus larges que les segments abdominaux ; prothorax plus large que la tête et presque du double des deux autres segments thoraciques ; chaque segment arrondi latéralement. Pattes courtes, formées d'une hanche dirigée obliquement en dedans et en arrière ; d'un trochanter court ; de cuisses assez longues et larges ; de jambes courtes, munies de quelques soies ; d'un tarse représenté par un ongle simple, assez long et fort, mais faiblement arqué.

Segments abdominaux au nombre de neuf, cylindriques, diminuant de dimensions ves l'extrémité ; anus charnu et servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, situées sur les côtés du

corps : lapremière au bord antérieur du mésothorax, les autres sur les huit premiers segments abdominaux, vers le milieu du bord latéral des écussons dorsaux.

Ces larves ont une forme assez allongée, cylindrique, avec un prothorax large, déprimé et une tête dirigée en avant. Leurs téguments sont assez fermes, coriacés, les écussons ventraux un peu plus minces que ceux du dos. Le corps entier est recouvert d'une pubescence fine et serrée, avec quelques longs poils redressés et épars. De même que les insectes parfaits ces larves se trouvent dans des galeries sinueuses, creusées près de la surface du sol dans les rives sablonneuses des ruisseaux et des étangs.

Erichson, Naturg. der Ins. Deutschl. 1847. p. 540.

Kiesenwetter, in Germar, Zeitsch. t. V, 1844, p. 48. Cet auteur donne quelques détails sur la ponte ; les œufs sont déposés en petits tas dans les galeries creusées dans le sable par l'insecte parfait.

Heterocerus. Fabr.

H. marginatus. Fabr. (Pl. III, fig. 8).

Westwood, Introd. to the mod. class. t. I, 1839, p. 114, fig. 7 (5).

LAMELLICORNES.

De toutes les familles de Coléoptères, il n'en est aucune dont les mœurs et les métamorphoses soient aussi bien connues que celle-ci. Les caractères généraux de ses larves ont été exposés par Erichson de la manière suivante :

Tête cornée, arrondie, à vertex dirigé en avant; la bouche inférieure.

Antennes insérées sur les côtés de la tête, portées par une saillie nettement limitée et simulant un premier article; formées de trois à cinq articles, généralement de quatre, allongées et atteignant souvent l'extrémité des mandibules.

Ocelles complètement nuls, même chez les larves les plus jeunes.

Plaque sus-céphalique portant un chaperon distinct, limité en arrière par un sillon transversal.

Lèvre supérieure bien développée, fermant l'espace qui sépare les mandibules.

Mandibules fortes ; leur extrémité dure et présentant une scissure

oblique, ou plusieurs dents généralement obtuses, et à leur base une surface molaire bien limitée.

Mâchoires formées d'une pièce cardinale transversale, très-rapprochée du menton ; d'une pièce basilaire portant à son extrémité deux lobes continus, libres entre eux ou soudés ; de palpes maxillaires de trois ou quatre articles.

Lèvre inférieure composée d'un menton charnu transversalement quadrangulaire, et de pièces palpigères soudées et également charnues ; languette nulle dans la majorité des cas ; palpes labiaux biarticulés.

Segments thoraciques ordinairement semblables aux segments abdominaux, seulement le prothorax porte habituellement de chaque côté du dos une tache cornée en losange. Pattes assez allongées, formées de quatre ou cinq pièces ; les hanches plus longues que les autres articles, distantes les unes des autres dans le sens transversal ; le tarse est très-petit ou manque complètement ; dans ce dernier cas l'article précédent porte à son extrémité un petit ongle, mais qui chez beaucoup d'espèces disparaît même complètement, sinon aux deux paires de pattes postérieures, du moins à la dernière.

Segments abdominaux au nombre de neuf, exceptionnellement de dix ; le neuvième, renfermant un intestin très-vaste, est divisé le plus souvent, dans son milieu, par un sillon transversal ; la partie postérieure de ce segment peut être comparée à cet anus rétractile et servant à la progression qu'on observe chez beaucoup de larves. La fente anale est située à l'extrémité du sac, en dessous ou en dessus ; tantôt elle est transversale, tantôt longitudinale, tantôt à trois branches ; on peut y trouver des lèvres bien formées, une supérieure, ou une inférieure, ou les deux en même temps. Dans la plupart des espèces, chaque segment jusqu'au septième est divisé sur le dos en trois bourrelets transversaux, qui se réunissent sur les côtés en un tubercule triangulaire portant un stigmate.

Stigmates au nombre de neuf paires ; la première située latéralement sur le prothorax, les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux, tous sur une même ligne horizontale.

Ces larves ont le corps assez résistant, recouvert de téguments mous, souvent revêtu de quelques poils rares, entremêlés sur le dos de soies courtes, raides, dirigées en arrière et destinées à favoriser la marche. Il est recourbé en arc, de sorte, que hors de leurs galeries, elles ne peuvent en général ramper sur le sol, mais

restent couchées sur le flanc ; ce n'est que dans leur jeune âge qu'elles peuvent le faire au moyen de leurs pattes et en repliant l'abdomen sur le côté.

Les Lamellicornes, à l'état de larves, se nourrissent pour la plupart de substances végétales soit mortes, soit vivantes ; quelques-unes seulement recherchent les substances animales. Toutes vivent à couvert ; les grandes espèces, qui rongent le bois ou les végétaux non ligneux, ont besoin de plusieurs années pour effectuer leur croissance ; les coprophages, au contraire, grandissent très-vite. Celles des petites espèces et celles de la première division, parcourent ordinairement leurs divers états en une année. Lorsqu'elles sont sur le point de se métamorphoser en nymphes, elles se construisent, avec des fragments de bois, des buchettes, de grains de terre, etc., une petite loge ovalaire ou sphérique, et plus ou moins solide.

Plusieurs auteurs se sont occupés de la division des larves de Lamellicornes ; malheureusement ce qu'on en sait n'est pas encore suffisant pour arriver sous ce rapport à un résultat satisfaisant.

En 1836, M. De Haan, dans un travail destiné spécialement à l'étude des larves de cette famille (1), tenta le premier de les classer en groupes, en se basant sur les caractères extérieurs et les connaissances anatomiques. En 1842, M. Mulsant (2) donna une nouvelle division, basée uniquement sur les caractères extérieurs ; la même année, M. Burmeister reproduisit en grande partie la division de De Haan ; enfin en 1848 Erichson (3) a repris de nouveau ce sujet. Voici la classification qu'il a exposée.

I. Sc. Pleurosticti.

Lobes des mâchoires soudés entre eux.

A. Mandibules obtusément dentées à leur extrémité, munies de stries transverses sur leur côté postérieur.

a. Sac divisé circulairement dans son milieu par un sillon simulant une fausse articulation. *Dynastides*.

b. Sac simple. *Cétonides*.

B. Mandibules portant une dent lisse à leur extrémité ; leur face postérieure non sillonnée ; sac présentant le sillon transverse accoutumé. *Mélolonthides*.

---

(1) Mémoires sur les métamorphoses des Coléoptères, in-4°, Paris 1836.

(2) Hist. nat. des Coléopt. de France. Lamellicornes.

(3) Naturg. der Insekt. Deutschl, III.

Les larves des *Rutélides* n'ont pas encore été assez examinées.

II. Sc. Laparosticti.

Lobes des mâchoires non soudés entre eux.

Cette division comprend les larves des *Géotrupides*, *Coprides*, *Aphodides*, *Trogides*, *Passalides* et *Lucanides*.

En mettant à profit la division exposée par M. De Haan et les découvertes récentes, on pourrait peut-être diviser provisoirement les larves de ce second groupe de la manière suivante :

II. Sc. Laparosticti.

A. Segments divisés en bourrelets transversaux.

a. Antennes de quatre ou cinq articles.

* Mandibules munies de dents nombreuses. *Géotrupides.*

** Mandibules bi ou tridentées.

Mandibules distinctement tridentées, ou bien bi-tridentées. *Coprides.*

Mandibules obtusément tridentées. *Aphodides.*

b. Antennes de trois articles. *Trogides.*

B. Segments non divisés en bourrelets transversaux.

a. Antennes de trois articles ; la paire de pattes postérieures très-réduite; anus en fente transversale. *Passalides.*

b. Antennes de quatre articles ; pattes très-développées ; anus en fente longitudinale. *Lucanides.*

Des notions plus étendues sur les larves de cette famille en général se trouvent dans les ouvrages suivants :

De Geer, Mém. 1752, t. IV, Mém. VI, p. 242.

De Haan, Mémoire sur les métamorphoses des Coléoptères; inséré dans les Nouvelles annales du Muséum d'histoire naturelle, t. IV, p. 125, 1836 ; avec des détails anatomiques.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 2e édit. 1839, t. I, p. 71.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. 1, p. 194, pl. 19.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 19.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1842, I, p. 363.

Harris, Insect. of Massachussetts, 1841, p. 24.

Burmeister, Handbuch der Entomol. t. III, 1842, p. 55-68; avec des considérations anatomiques.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 559.

I. Pleurosticti.

Lobes des mâchoires soudés entre eux.

Tribu 1. Dynastides.

Les larves de cette tribu présentent des mandibules dentées à leur extrémité et sillonnées transversalement sur leur partie postérieure; un abdomen composé en apparence de dix segments, le neuvième offrant dans son milieu une fausse articulation; des anneaux augmentant graduellement de dimensions jusqu'au sac; enfin un anus en fente transversale.

Dynastes.

De Haan (Nouv. ann. du Muséum, t. IV, p. 115) a décrit et figuré quatre larves appartenant à autant d'espèces de ce genre, savoir :

D. Hercules. L., *D. dichotomus.* Oliv., *D. Atlas.* Fabr. et *D. Gidéon.* Fabr.; il y a joint des détails anatomiques sur la première de ces espèces.

Orycres. Illig.

O. Silenus. Fabr.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 13, pl. I, fig. 2, pl. IV, fig. 5*a*, *d*.

O. Grypus. Illig.

Costa, Correspond. zool. 1839, p. 95.

O. nasicornis. L.

Swammerdam, Biblia naturæ, t. I, p. 300, pl. XXVI, fig. 5; histoire détaillée de cette espèce.

Frisch, Beschreib. 1720, p. III, p. 6, pl. III. Il y a eu transposition de la figure de cette larve avec celle du *Cerambix heros;* elle se trouve sur la pl. I de la 5e partie.

Rœsel, Insect. Belustig. 1746, II, cl. I, pl. VI, fig. 3, 4.

Herbst, Naturg. all bek. insect. 1785, t. I, p. 285, pl. VII, fig. 1-5.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des ins. 1802-1805, t. X, p. 160.

Sturm, Deutschl. insect. 1805, t. I, p. 9, pl. V.

Ramdohr, Abhandl. über die Verdaungsw. 1811, p. 127; anatomie.

Cuvier, Leçons d'anat. comp., t. IV, p. 130.

Marcel de Serres, Ann. du muséum, t. XX, p. 94.

Gaede, Wiedeman's Zool. Magaz. t. I, p. 98.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 12, pl. 1, fig. 1, pl. IV, fig. 4 *a*, *d*; avec l'anatomie.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, fig. 19 (4).

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 571.

Tribu 2. Cétonides.

Les larves de ce groupe ressemblent aux précédentes en ce qu'elles ont le côté postérieure des mandibules strié et la pointe de ces organes dentée; mais elles s'en distinguent, ainsi que des suivantes, en ce que leur sac ne présente dans son milieu aucune trace de division en deux anneaux. Toutes vivent dans le détritus ou le bois mort.

Groupe 1. Trichiaires.

Osmoderma. Lepell. et Serv.

O. eremita. Scop. (Pl. III, fig. 9).

Drumpelman, Naturh. Beschreib. 1811, part. III, p. 8, pl. XI, fig. 6 *a*.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 581.

O. scaber. Palisot de Beauvois.

Harris, Insect. of Massachuss. 1841, p. 35; quelques mots seulement.

Gnorimus. Lepell. et Serv.

G. nobilis. L.

Rœsel, Insect. Belustig. 1746, t. II, cl. I, pl. III, fig. 1.

Herbst, Naturg. all. bek. Insekt. 1790, t. III, p. 465.

Froriep, Notiz. vol. XIII, p. 321. Erichson a relevé l'erreur attribuée à cet auteur, que la larve de cette espèce se nourrirait de mollusques.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 20, pl. III, fig. 2, pl. V, fig. 6, pl. VI, fig. 5.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 585. Erichson

pense que De Haan a figuré sous ce nom une espèce du genre *Melolontha*.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 2e édit. 1839, t. I, p. 105.

Trichius. Fabr.

T. fasciatus. Fabr.

Blanchard, Hist. des insect. 1845, t. I, p. 232, pl. VII, fig. 5-7.

Valgus. Scriba.

V. hemipterus. L.

Mulsant, Hist. natur. des Col. de Fr. Lamell. 1842, p. 520, pl. III, fig. 3.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 592; il a reproduit la description de M. Mulsant.

Groupe 2. Cétoniaires.

Erichson assigne les caractères suivants aux larves du genre *Cetonia* :

Antennes de quatre articles; le premier plus long que le suivant, le deuxième et le troisième courts, le quatrième en ovale allongé, paraissant divisé par un rétrécissement.

Lèvre supérieure présentant en avant deux mamelons; l'une des mandibules armée à son extrémité de trois ou quatre dents, l'autre de deux ou trois; toutes deux munies à leur base d'une surface molaire à bords bien marqués et déchiquetés, striées transversalement sur leur face externe.

Pattes de cinq pièces; hanches cylindriques, plus grosses que le reste de l'organe; article unguéal mince, styloïde, sans ongle.

Corps aminci en avant, épaissi en arrière et se terminant par une extrémité arrondie; chaque arceau dorsal divisé en trois bourrelets étroits, munis chacun d'une série de spinules raides; sac recouvert en dessus de poils courts entremêlés de poils plus longs et mous; anus en fente transversale, à l'extrémité du sac; en dessous, immédiatement au devant de la lèvre inférieure de l'anus, se trouve un petit espace entouré de spinules dirigées en arrière; cadres des stigmates très-petits.

Ces larves vivent dans le bois en décomposition, les racines des arbres morts et les fourmilières.

De Geer, Mém. 1752, t. IV, pl. XI, fig. 10 et suiv.
Olivier, Entomol. 1789, t. I.
Ratzeburg, Die Fortinsect. 2e édit. 1839, t. I, p. 103.
Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 594.

Cetonia. Fabr.

C. speciosissima. Herbst.

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, p. XII, pl. III, fig. 1.
De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 16, pl. II, fig. 4, pl. V, fig. 3, pl. VI, fig. 3; sous le nom d'*œnea*. C'est probablement l'espèce actuelle, d'après Erichson; ce serait la *C. fastuosa*, selon M. Burmeister.
Ratzeburg, Die Forstinsect, 1837, t. I, p. 85. Cette larve, selon l'auteur, aurait été trouvée dans les nids des abeilles sauvages, assertion qui a été rectifiée plus tard.

C. aurata. L.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des insect. 1802-1805, t. X, p. 211, pl. LXXXV, fig. 20.
Ramdohr, Abhandl. über die Verdauungsw. 1811, p. 124, pl. VII, fig. 2-4; anatomie.
Ratzeburg, Die Fortinsect. 2e édit. 1839, p. 104, tab. III, fig. 18, B.
De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 17, pl. II, fig. 5, pl. V, fig. 2.
Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, fig. 19 (11).
Dufour, Ann. des scien. natur. 1842, t. XXVIII, 2e sér. p. 163; avec l'anatomie.
Burmeister, Handb. der Entomol. t. III, p. 139, 1842; avec quelques détails anatomiques.
Braselman, Verhandlung. der naturf. Verein der Preuss.-Rheinl. 2e ann. p. 38.

C. marmorata. Fabr.

Rœsel, Insekt. Belustig. 1746, t. II, cl. I, pl. II, fig. 1-2.
Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 190, n° 17, tab. IX, fig. 1-6.
Mulsant, Hist. nat. des Coléop. de Fr. Lamell. 1842, p. 345.
Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 599.

C. œnea. Gyll.

De Geer, Mém. 1752, t. IV, Mém. VI, p. 283, pl. XI, fig. 10 et suiv.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1839, suppl. p. 24; se trouve dans les nids de fourmis.

C. fastuosa. Fabr.

Burmeister, Handbuch der Entomol. 1842, t. III, p. 139; avec l'anatomie.

Tribu 3. Rutélides.

Anomala. Koppe.

A. Frischii. Fabr.

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, 4e part. p. 28, pl. XIV; il y a probablement erreur quant au régime.

Phyllopertha. Kirby.

P. horticola. L.

Bouché, Naturg. der schaedl. Garten-Insekt. 1830, p. 19.
Kollar, Naturg. der schaedl. Insekt. 1837, p. 261.

Anisoplia. Meg.

A. fruticola. Fabr.

Bouché, Naturg. der schaedl. Garten-Insekt. 1830, p. 21.

Pelidnota. Mac-Leay.

P. punctata. Fabr. (Pl. IV, fig. 1).

Harris, Insekt. of Massachuss. 1841, p. 23.

Chrysina. Kirby.

C. macropus. Francill.

Guérin-Ménev. Revue zoolog. 1844, p. 259.

Ces deux dernières espèces vivent probablement à la manière des Dynastides, tandis que les autres vivraient plutôt comme les Mélolonthides; cependant les larves de cette tribu sont encore trop peu connues pour que l'on puisse rien affirmer à leur égard.

Tribu 4. Mélolonthides.

Les larves de ce groupe sont de forme plus allongée que celles

des Dynastides et des Cétonides ; leurs mandibules présentent une dent lisse à l'extrémité, qui est taillée en biseau, et elles sont sans stries transversales sur leur côté externe ; le sac est divisé dans son milieu par un sillon transversal.

Groupe 1. Mélolonthaires.

Polyphylla. Harris.

P. fullo. Fabr.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 18, pl. II, fig. 6, pl. IV, fig. 4, pl. VI, fig. 4.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 409.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 661.

Melolontha. Fabr.

M. puncticollis. Dej.

Silliman, Americ. Journal of Sc. and Arts, t. VIII, p. 269.

M. vulgaris. Fabr.

Goedart, Métam. natur. (Trad. fr. 1700), t. III. Expér. 58, p. 151.

Rœsel, Insekt. Belustig. 1746, t. II, cl. 1, pl. II, fig. 1-2.

De Geer, Mém. 1752, t. IV. Mém. VI, p. 275.

Herbst, Naturg. all. bek. Insekt. 1790, t. III, p. 47.

Gensler, Der Maikaef. und seine Larve. Gotha, 1796.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des ins. 1802-1805, t. X, p. 177, pl. LXXXIV, fig. 5-6.

Ramdohr, Abhandl. über die Verdauungsw. der Ins. 1811, p. 121, tab. VIII, fig. 3 ; anatomie.

Suckow, Naturg. der Maikaefers.

Kirby and Spence, Introd. 1828, t. III, p. 17, fig. 12.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insekt. 1757, p. 317.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 18, pl. III, fig. 1.

Ratzeburg, Die Fortinsect. 2e édit. 1839, t. I, p. 72, pl. III, fig. 1, B, C.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, fig. 19 (5).

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 395.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 669.

Rhizotrogus. Latr.

R. solstitialis. L.

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, pl. IX, p. 30, fig. 15.
Bouché, Naturg. der schaedl. Garten-Insekt. 1833, p. 19.
Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 684.

R. ruficornis. Fabr.

Germar, Magaz. für Entom. 1833, p. 8.

R. marginipes. Muls.

Rosenhauer, Entomol. Zeitung. 1850, p. 15.

Macrodactylus. Latr.

M. subspinosus. Fabr.

Harris, Insekt. of Massachuss. 1841, p. 33.

Groupe 2. Sericaires.

Serica. Mac-Leay.

S. brunnea. L.

Saxesen, in Ratzeburg's Fortinsect. 1839, 2e édit. t. I, p. 80.
Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1847, p. 697.

Groupe 3. Hopliaires.

Hoplia. Illig.

H. aulica. L.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 21; cet auteur doute que cette larve appartienne à ce genre; M. Burmeister pense qu'elle doit être placée dans le genre *Rhizotrogus*.

II. Laparosticti.

Lobes des mâchoires non-soudés.

Tribu 5. Géotrupides.

Ce groupe, dont une seule larve est décrite, présente les caractères suivants : Segments divisés supérieurement en bourrelets transversaux; antennes de quatre articles; mandibules munies de dents nombreuses.

Geotrupes Latr.

G. stercorarius. L.

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, IV, p. 13, pl. VI, fig. 1.

De Geer, Mém. 1752, t. IV, Mém. VI; d'après Erichson, cette larve appartient peut-être à un *Aphodius.*

Herbst, Naturg. all. bek. Ins. 1789, t. II, p. 257.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 346.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1848, p. 724.

Tribu 6. Coprides.

Les larves de ce groupe ont également leurs segments divisés en dessus en bourrelets transversaux ; les antennes sont de quatre ou cinq articles, et les mandibules distinctement tridentées ou bi-tridentées.

Groupe 1. Ateuchaires.

Ateuchus. Weber.

A. sacer. L.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 44.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1848, p. 750.

Deltochilum. Eschs.

D. brasiliense.

Burmeister, Zeitschr. für Zool. Zootom. and Palæontol. von Alt und Burm. p. 153, pl. I, fig. 1-3.

Sisyphus. Latr.

S. Schaefferi. L.

Dollinger in Hoppe, Entomol. Taschenb, 1797, p. 175 ; quelques détails sur les mœurs seulement.

Groupe 2. Copriaires.

Ontophagus. Latr.

O. taurus. L.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 104.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1848, p. 762; d'après M. Mulsant.

O. vacca. L.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, pl. I, fig. 5.

Tribu 7. Aphodides.

Les segments sont encore chez ces larves divisés à leur partie supérieure en bourrelets transversaux; les antennes sont de cinq articles; les mandibules obtusément tridentées; les pattes formées de cinq pièces, dont la dernière petite, en forme d'ongle.

Aphodius. Illig.

A. fimetarius. L.

Frisch, Beschreib. von all. Insekt. 1720, p. 35, p. IV, pl. XIX.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 159.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1848, p. 806.

A. conjugatus. Panz.

Koy et Boehm, Naturforscher, 1802, t. XXIX, p. 106; quelques mots seulement.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 23, pl. III, fig. 5, pl. V, fig. 9.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1848, p. 802.

A. nigripes. Fabr.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléop. 1836, p. 22, pl. III, fig. 4, pl. V, fig. 8, pl. VI, fig. 7.

A. bimaculatus. Fabr.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, pl. I, fig. 8.

A. pecari. Fabr.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, pl. I, fig. 7 *a, b, c.*

A. inquinatus. Fabr.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1836, pl. I, fig. 9.

A. lividus. Oliv.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 190, n° 16.

A. fossor. L. (Pl. IV, fig. 3).

Longueur 22 millimètres.

Tête brune, portant une courte impression longitudinale à sa partie supérieure et ça et là quelques longs poils.

Antennes longues, composées de cinq articles : le premier cylindrique, tronqué obliquement au bout; le deuxième de même longueur, mais plus gros; le troisième le plus long de tous; le cinquième petit, acuminé.

Chaperon en trapèze, bien séparé du front par un sillon transversal.

Lèvre supérieure arrondie, vaguement trilobée et poilue.

Mandibules longues, grêles, noires, granuleuses au sommet; la gauche plus longue que la droite et portant au dessus de la pointe, au côté interne, deux saillies rapprochées, acuminées, et de plus une troisième, transversale, immédiatement au dessus; mandibule droite, bifide au sommet, la dent postérieure plus longue que l'antérieure; les deux munies d'une dent forte, applatie, à leur base.

Lobes des mâchoires séparés, aigus à leur extrémité; palpes maxillaires de trois articles : le deuxième un peu plus grand que le premier, le troisième petit, conique.

Lèvre inférieure formée d'un menton triangulaire; d'une pièce palpigère trapézoïdale; de palpes labiaux petits, bi-articulés : le premier article globuleux, le deuxième fusiforme.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; pattes très écartées à leur base; la première paire plus courte que les autres, composées d'une cuisse forte, d'un trochanter petit, donnant attache à une jambe longue et allant s'élargissant jusqu'au sommet; enfin d'un tarse petit.

Segments abdominaux au nombre de neuf, couverts de bourrelets transversaux.

Stigmates disposés comme dans les autres larves de cette famille.

Tout le corps est d'un blanc bleuâtre. Nous avons trouvé cette larve au printemps, enfouie à peu de profondeur dans la terre sous des bouses sèches de l'année précédente. Les métamorphoses s'accomplissent assez rapidement.

Tribu 8. Trogides.

Segments divisés à leur partie supérieure en bourrelets transversaux.

Mandibules munies d'une dent au côté interne.

Antennes de trois articles.

Palpes maxillaires de trois articles.

Toutes les pattes semblables et munies d'ongles.

Trox. Fabr.

T. arenarius. Fabr.

Waterhouse, Trans. of the entom. Soc. of London, t. I, p. 35, pl. V, fig. *a-m.*

Westwood, Introd. to the modern. class. of ins. 1839, t. I, fig. 5, 19.

T. carolinus. Dej. (Pl. IV, fig. 4).

M. Guérin-Méneville a bien voulu nous communiquer la larve de cette espèce; en voici la description :

Longueur 28 millimètres.

Tête médiocre, arrondie, convexe en dessus.

Plaque sus-céphalique ridée transversalement en avant.

Chaperon transversal; lèvre supérieure échancrée et ciliée antérieurement.

Antennes portées sur une éminence de la tête, ne dépassant pas les mandibules, composées de trois articles : le premier assez long, le deuxième plus court, légèrement arqué, le troisième très-petit, allongé.

Mandibules fortes, saillantes, aiguës à l'extrémité, à surface irrégulière, portant au bord interne, à une petite distance du sommet, une dent courte, et plus près de la base une seconde dent assez longue et aiguë.

Mâchoires à lobes séparés, cornés, aigus; l'interne cilié en dedans; palpes plus longs que les lobes, de trois articles égaux entre eux.

Lèvre inférieure formée d'un menton et d'une pièce palpigère fondus en un seul corps allongé; palpes labiaux courts, bi-articulés.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; prothorax portant sur les côtés deux plaques cornées.

Pattes très-courtes, égales entre elles et ongulées.

Segments abdominaux au nombre de neuf, ridés transversalement; stigmates au nombre de neuf paires : la première sur les côtés du prothorax, les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux.

Tout le corps de la larve est d'un blanc sale avec quelques longs poils épais; la tête est d'un noir brunâtre ainsi que les plaques prothoraciques. — De la Nouvelle-Orléans.

Tribu 9. Passalides.

Les larves de cette tribu n'ont plus les segments divisés en bourrelets transversaux à leur partie supérieure, ils sont lisses; les antennes ne sont composées que de deux articles; la dernière paire de pattes est très-réduite et l'anus en fente transversale.

Passalus. Fabr.

P. interruptus. Fabr.

Mérian, Insect. Surinam. Pl. 50; espèce douteuse.

P. punctiger. Lepel. et Serv.

Percheron, Monograph. des Passal. p. 17, pl. I, fig. 13-14.

P. cornutus. Fabr.

Burmeister, Handb. der Entomol. 1817, t. V, p. 452.

P. distinctus. (Pl. IV, fig. 5).

Nous avons sous les yeux un exemplaire de la larve de cette espèce, provenant de la Nouvelle-Orléans, et qui nous a été communiquée par M. Guérin-Méneville. Nous en donnons la description, quoiqu'elle ait été déjà brièvement décrite par M. Blanchard dans les Annales des sciences natur. t. V, 3e sér. 1846, p. 320.

Longueur 40 millimètres.

Tête petite, un peu aplatie en dessus, lisse, à bord antérieur légèrement concave.

Antennes courtes, de deux articles, insérées sur une petite éminence simulant un article basilaire; le premier petit, arrondi, le deuxième plus allongé, fusiforme.

Chaperon grand, transversal.

Labre elliptique, un peu moins large que le chaperon.

Mandibules médiocres, symétriques, bi-dentées à leur extrémité et portant une large dent sur leur bord interne.

Mâchoires composées d'une pièce basilaire plus ou moins transversale; d'une pièce cardinale assez forte, charnue; de deux lobes bien séparés, aigus, ciliés sur leur bord interne; enfin de palpes de trois articles, dont le premier court, large; le deuxième de même longueur que le troisième, mais plus large, celui-ci conique.

Lèvre inférieure formée d'un menton allongé, d'une pièce palpigère trapézoïdale, portant au milieu un appendice tenant lieu de languette, et de chaque côté un palpe de deux articles à peu près d'égale longueur.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; prothorax présentant de chaque côté une plaque cornée ovalaire, lisse, d'où partent en rayonnant de nombreuses et petites stries.

Pattes prothoraciques et mésothoraciques grandes, formées d'une cuisse forte, d'un trochanter très-petit, d'une jambe allongée, arquée, et terminée par un grand ongle aigu; pattes métathoraciques rudimentaires.

Segments abdominaux au nombre de neuf, sans sillons transversaux; sac divisé vers le milieu de sa longueur par une ligne circulaire; anus transversal.

Stigmates au nombre de neuf paires; la première située sur les côtés du prothorax, près de son union avec le segment suivant; les huit autres sur les parties latérales des huit premiers segments abdominaux.

Tout le corps de cette larve est blanchâtre, sauf la languette et l'extrémité des mandibules qui sont noirâtres; le derme est entièrement dénué de poils.

Nous avons comparé la description qui précède avec celle que M. Burmeister donne de la larve du *Passalus cornutus*, et nous y avons trouvé de notables différences.

Ainsi, malgré tous nos soins, nous n'avons pu apercevoir que neuf paires de stigmates et le même nombre de segments abdominaux. Il est vrai que le neuvième, divisé circulairement par une ligne transversale, présente l'apparence de deux segments distincts. Les antennes paraissent également composées de trois articles; mais nous croyons que le premier fait partie de la plaque sus-céphalique et n'est qu'un tubercule soudé à la tête et destiné à porter les organes. Nous n'avons vu que trois articles aux palpes maxillaires, tandis que, d'après M. Burmeister, la larve qu'il décrit en aurait quatre.

Tribu 10. Lucanides.

Les larves de ce groupe présentent les caractères suivants :

Segments non divisés à leur partie supérieure en bourrelets transversaux, ou du moins pas comme dans les autres tribus; antennes de quatre articles, le quatrième très-petit; mandibules obtusément dentées sur leur bord interne, avec une surface molaire à leur base; mâchoires à lobes séparés, acuminés, ciliés sur leur bord interne; pattes bien développées, toutes semblables, terminées par un ongle;

anus en fente longitudinale. Ces larves vivent dans le détritus du bois mort.

Lucanus. L.

L. cervus. L.

Rœsel, Insect. Belustig. 1746, t. II, cl. I, tab. IV, fig. 3.

Herbst, Naturg. all. bek. Insekt. 1790, t. III, p. 298, pl. F, fig. 1-6.

Blot, Mém. de la Soc. Linn. du Calvados, t. I.

Albrecht, Acta Acad. nat. Cur. t. IV, pl. 5.

Posselt, Beitrag. zur Anat. der Insekt. 1804, pl. II, fig. 1.

Westwood, Introd. to the modern. class. 1839, t. I, p. 187.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1848, p. 938.

L. saiga.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléopt. 1836, p. 24, pl. III, fig. 7.

L. alces.

De Haan, Mém. sur les métam. des Coléopt. 1836, p. 25, pl. III, fig. 6. Ces deux dernières larves sont douteuses quant à la détermination.

Dorcus. Mac-Leay.

D. parallelipipedus. L.

Bree, Magaz. of nat. Hist. n° 54.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1839, 2e édit. t. I, p. 106, pl. III, fig. 19, B.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 281, pl. I, fig. 18*a, b, c.*

Dufour, Ann. des scienc. natur. 2e sér. 1842, t. XVIII, p. 166, pl. IV et V; anatomie.

Erichson, Naturg. der Insekt. Deutschl. 1848, p. 941.

Platycerus. Geoff.

P. caraboides. L.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 597; quelques mots seulement.

Cerychus. Mac-Leay.

C. tarandus. Panz.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 595, pl. III, fig. 6 *a*, *b*, *c*.

Sinodendron. Helw.

S. cylindricum. L.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, fig. 18 (11, 12, 13).

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 600, pl. III, fig. 10 *a*, *b*.

Figulus. Mac-Leay.

F. striatus. Fabr.

Blanchard, Hist. natur. des Insect. 1845, t. I, p. 268, pl. VIII, fig. 2, 3; sans description.

Æsalus. Fabr.

Æ. scarabæoides. Fabr.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Lamell. 1842, p. 604.

Cet auteur rapporte que Hammerschmidt a lu un mémoire sur cette larve au Congrès des naturalistes allemands, tenu à Breslau; nous n'avons pas pu nous le procurer.

BUPRESTIDES.

Les larves de cette famille nombreuse, qui n'ont été connues que dans ces derniers temps, présentent les caractères que voici :

Tête rétractile dans le premier segment thoracique, formée de deux parties : l'antérieure très-petite, cornée, portant les organes de la bouche, la postérieure recouverte de téguments mous, renfermant les muscles de la mastication, ordinairement bien distincte du prothorax par un sillon ou une sinuosité.

Antennes très-courtes, articulées sur les côtés de la partie supérieure de la tête, formées de deux ou trois articles : le premier charnu, à demi caché, le dernier très-petit, globuleux.

Pas d'ocelles visibles.

Chaperon bien limité, corné.

Lèvre supérieure distincte, coriacée, à bord antérieur cilié, recouvrant l'espace qui sépare les mandibules.

Mandibules courtes, fortes, dures, obtusément dentées à leur extrémité.

Mâchoires très-petites, recouvertes à leur base par le menton, portant un lobe maxillaire rudimentaire garni de soies, ressemblant à un article de palpe, et en dehors un palpe large et court, ordinairement formé de deux articles.

Lèvre inférieure présentant un menton large et charnu; une languette saillante, parcheminée, semblable à la lèvre supérieure, ciliée aussi sur ses bords et fermant l'espace qui sépare les mandibules. Palpes non développés, représentés par deux tubercules charnus, placés sur les côtés de la languette.

Segments thoraciques très-dissemblables; prothorax très-grand, recouvert en dessus et en dessous d'un écusson subcorné; le supérieur présentant deux lignes convergentes d'apparence plus dure, l'inférieur une seule, médiane; mésothorax et métathorax notablement plus petits et plus étroits que le prothorax. Pas de pattes bien développées; elles sont représentées dans quelques espèces par de petits tubercules charnus.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus, plus étroits que les segments thoraciques, inégaux entre eux, quelques-uns plus longs que larges; anus saillant, simulant un dixième segment, consistant en une fente longitudinale.

Stigmates de forme semi-lunaire, au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, la neuvième sur le mésothorax ou dans le pli qui sépare ce dernier du prothorax; les stigmates thoraciques sont ordinairement plus grands que les autres.

Dans l'exposé qui précède, nous avons fait peu de changements aux caractères des Buprestides donnés par Erichson dans les Archives de Wiegman (1842. I, p. 82).

Les parties dont se compose le corps de ces larves ont été l'objet d'interprétations diverses de la part des auteurs. Ainsi, MM. Ratzeburg et Loew ont considéré le prothorax comme divisé en deux parties dont l'antérieure serait rétractile dans la postérieure; pour Erichson, cette partie antérieure fait partie du segment céphalique, et il en donne cette excellente raison, que les muscles de la mastication y sont insérés.

En effet dans ces larves la plaque sus-céphalique, cornée à sa partie antérieure, est devenue très-molle dans le reste de son étendue, parce qu'elle doit se replier sur elle-même pour rentrer avec

les parties de la bouche dans la gaine que lui forme le prothorax.

Un autre point sur lequel les auteurs ne sont pas d'accord est le nombre des segments abdominaux; les uns en comptent neuf, les autres dix. La question n'est pas décidée, mais il nous paraît que ce dixième segment peut être regardé comme un développement considérable de cet anus prolongé que l'on trouve dans un si grand nombre de larves. La meilleure raison, à notre avis, que l'on pourrait donner pour le considérer comme un segment, serait la présence des appendices qu'on observe chez les *Agrilus*; toutefois si l'on y regarde de près, ces appendices sont bien différents de ceux que l'on retrouve chez les Carabiques, les Staphyliens, les Sylphales, etc. Dans les larves des *Agrilus* ce sont en quelque sorte deux valves opposées, protégeant un anus longitudinal, les deux lèvres pour ainsi dire de cette ouverture, qui auraient participé au développement hypertrophique de cette partie. Enfin la position des stigmates thoraciques avait aussi été diversement interprétée par quelques auteurs modernes; mais il serait trop long d'exposer ici les controverses auxquelles elle a donné lieu; d'ailleurs MM. Lucas et Perris, faisant un juste partage de la vérité et de l'erreur, nous semblent avoir parfaitement résolu la question.

Les larves des Buprestides ont une forme toute spéciale et qu'on ne peut guère comparer, si l'on en excepte les Eucnémides, qu'à celle des Longicornes, et surtout à celle des larves apodes des Lamiaires. Cette conformation tient principalement à la grandeur et à la prédominence du segment prothoracique sur les autres anneaux. Leurs téguments sont blanchâtres, de consistance variable, ordinairement glabres, revêtus parfois de quelques poils épars. Elles vivent sur divers arbres, tantôt se bornant à creuser des galeries dans l'écorce des tiges ou des racines, tantôt rongeant les couches superficielles de l'aubier, ou pénétrant plus ou moins profondément dans la partie ligneuse; de sorte qu'elles ne laissent pas d'avoir une certaine importance au point de vue de l'économie forestière. Leurs métamorphoses ont lieu dans les mêmes endroits, c'est-à-dire, que la larve creuse plus ou moins profondément sa loge dans l'écorce, l'aubier ou le bois, selon qu'elle doit redouter l'influence des intempéries atmosphériques.

Sternocera. Eschs.

S. chrysis. Fabr.

Guérin-Méneville, Revue zoolog. 1839, t. II, p. 260.

Laporte et Gory, Hist. nat. des Ins. Buprest. t. II, 1840, p. I, Pl. I, fig. 1-2.

Chrysochroa. Carcel.

C. ocellata Fabr.

Westermann in Silberman, Revue entomol. n° 3.

Euchroma. Serv.

E. gigantea. Fabr.

Merian, Insect. surinam. Pl. 50.

Laporte et Gory, Hist. nat. des ins. Col. Buprest. 1840, t. II, p. 2, Pl. II. D'après Erichson (Wiegm. Archiv. 1841, I, p. 20), cette larve appartiendrait à un Lamellicorne.

Psiloptera. Serv.

P. attenuata. Fabr.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839. t. I, p. 229, fig. 23 (12). C'est très-probablement une larve de *Passalus ;* voyez Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, loc. cit.

Capnodis. Eschs.

C. tenebrionis. Fabr.

Laporte et Gory, Hist. natur. des ins. Col. Buprest. 1840, t. II, p. 3, Pl. IV, fig. 1.

Dicerca. Eschs.

D. berolinensis. Fabr.

Audouin, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1836, Bull. p. XVII.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 230, fig. 28 (8-9)).

Klingelhoeffer, Entom. Zeit. zu Stett. 1843, p. 85.

D. divaricata. Say.

Harris, Insect of Massach. 1842, p. 45.

D. cuprea. Chev.

Westermann, Rev. entom. de Silberm. n° 5.

D. costicollis. Chev.

La larve de cette espèce que nous devons à l'obligeance de M. Guérin-Méneville, présente les caractères suivants :

Tête de forme normale, assez grande.

Antennes de trois articles.

Chaperon assez étroit, peu allongé.

Lèvre supérieure élargie à sa partie antérieure, coriacée, avec son bord renflé et poilu.

Mandibules assez fortes, présentant deux dents à l'extrémité, l'inférieure beaucoup plus forte que la supérieure.

Mâchoires à lobe petit, recouvert de quelques soies raides ; palpes maxillaires courts, formés de deux articles.

Lèvre inférieure très-grande, ciliée et renflée sur ses bords, présentant en dessous deux bourrelets longitudinaux séparés par un sillon médian, représentant probablement les pièces palpigères confondues.

Segments thoraciques très-grands, surtout le prothorax, qui est plus long que les deux suivants réunis, et porte en dessus deux lignes cornées convergentes, en dessous une seule médiane ; sans trace de tubercules représentant les pattes.

Segments abdominaux au nombre de neuf, subcylindriques, arrondis latéralement, séparés l'un de l'autre par de profonds sillons ; présentant chacun en dessus et en dessous un enfoncement de chaque côté ; anus saillant, simulant un dixième segment, s'ouvrant par une fente longitudinale tout-à-fait terminale.

Stigmates normaux ; la première paire située au bord antérieur du mésothorax, les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux vers le bord antérieur de la région latérale des arceaux dorsaux.

Larve molle, longue de 10 à 11 lignes, glabre, recouverte de téguments subcoriacés, très-finement chagrinés.

Chalcophora. Serv.

C. mariana. Fabr.

Ratzeburg, Die Fortsinsect. 1837, I, p. 52.

Loew, Entomol. Zeit. zu Stett. 1841, p. 34, Pl. I, fig. 1-9;

description exacte accompagnée de l'histoire et de l'anatomie de la larve.

Pecchioli, Magas. de Zoolog. 2e sér. 1843, Pl. 120, fig. 1-5; nymphe, Pl. 121, fig. 1-4.

Lucas, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1844, 2e sér. t. II, p. 315.

Ch. virginica. Herbst?

Harris, Insect of Massach. 1842, p. 43.

Ch. Fabricii. Rossi.

Bertolini, Novi comment. Acad. scient. Bonon. 1841, t. V, p. 87, Pl. VIII.

Laporte et Gory, Hist. nat. des ins Coléopt. 1840, t. II, p. 2, Pl. III, fig. 2.

Pecchioli, Magas. de Zoolog. 2e sér. 1843.

Eurythyrea. Serv.

E. quercus. Herbst.

Herbst, Schrift. der Berlin. Gesells. der naturf. Freund. t. II.

Lampra. Meg.

L. festiva. L.

Lucciani, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1845, t. III, Bull. p. CXII.

L. rutilans. Fabr. (Pl. IV, fig. 6).

La larve de cette espèce que M. Jacquelin-Duval a bien voulu nous communiquer, se trouve aux environs de Toulouse, dans l'orme, le tilleul, etc.

Tête normale, assez nettement séparée du prothorax.

Antennes de trois articles; les deux premiers assez allongés, le troisième tuberculiforme.

Chaperon et lèvre supérieure en carré transversal.

Mandibules fortes, courtes, à surface interne carrée, à extrémité fortement bi-dentée.

Mâchoires peu développées, présentant à leur extrémité en dedans un petit lobe obtus, cilié; en dehors un palpe maxillaire de deux articles très-courts, dont le premier est de la longueur du lobe.

Lèvre inférieure à parties confondues, formant en dessous de la

bouche une pièce carrée, un peu élargie en avant, sans traces de palpes labiaux.

Segments thoraciques presque du double plus larges que les segments abdominaux; prothorax du double plus long que les deux suivants réunis, présentant en dessus deux lignes longitudinales cornées, convergentes, et en dessous une seule médiane; en dessous chaque segment est muni de deux bourrelets charnus à l'endroit des pattes.

Segments abdominaux à peu près égaux entre eux, fortement rétrécis à l'endroit des articulations; anus prolongé et saillant, s'ouvrant par une fente longitudinale.

Stigmates normaux; les thoraciques plus grands, réniformes, situés au bord antérieur et inférieur du mésothorax.

Le corps de cette larve, longue de 7 à 8 lignes, présente sur les parties latérales quelques poils courts, mous et un peu jaunâtres.

Ptosima. Serv.

P. novemmaculata. Fabr.

Gemminger, Entomol. Zeit. zu Stett. 1849, p. 65.

Chrysobothris. Eschs.

C. chrysostigma. L.

Dufour, Ann. des sc. nat. 1840. t. XIV, 2e sér, p. III, Pl. 33, fig. 6-10.

C. dentipes. Germ.

Harris, Insect of Massach. 1842, p. 44.

C. femorata. Fabr.

Harris, loc. cit. 1842, p. 44.

C. fulvoguttata. Harr.

Harris, loc. cit. p. 45.

C. Harrissii. Hent.

Harris, loc. cit. p. 45.

Anthaxia. Eschs.

A. 4-punctata. Fabr.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, I, p. 52.

Noerdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 228.

A. manca. Fabr.

Perris, Ann. de lo soc. Linn. de Bordeaux, 1858.

Diphucrania. Dej.

D. auriflua. Hope.

Saunders, Trans. of the entom. Soc. of Lond. 1847, t. V, p. 27, Pl. II, fig. 5-9.

Agrilus. Meg.

Les larves de ce genre présentent à l'extrémité du corps deux pièces écailleuses brunâtres, à bords diversement dentés, et qui forment deux valves opposées, protégeant l'anus qui s'ouvre dans cet endroit par une fente longitudinale.

A. fagi. Ratz.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, I, p. 56 et 63, Pl. II, fig. 8. Dans son premier supplément (1839, p. 8) l'auteur dit que la figure citée n'appartient pas à cette espèce, mais peut-être au *Buprestis affinis.* Fabr.

Noerdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 228.

A. Aubei. Lap. et Gory.

Aubé, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1837, t. VI, 1re sér. p. 189, Pl. VIII, fig. 6.

Laporte et Gory, Hist. nat. des ins. Coléopt. 1840, Buprest. t. II, p. 4, Pl. V, fig. 1.

A. nocivus. Ratz.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, I, p. 56, Pl. II, fig. 7.

A. angustulus. Illig.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837. I, p. 54.

A. tenuis. Ratz.

Ratzeburg, loc. cit. I. p. 53.

A. biguttatus. Fabr.

Ratzeburg, loc. cit. I, p. 57.

Goureau, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1843, t. I, 2e sér. p. 25, Pl. II, n° 4, fig. 1-4.

A. derasofasciatus. Ziegl.

Perris, Notes sur les métam. des diverses *Agrilus*, présentées à

l'Acad. des sc., belles-lett. et arts de Lyon, 1851, p. 2, Pl. I, fig. 1-7.

A. viridipennis. Lap. et Gory.

Perris, loc. cit. p. 5.

A. sex-guttatus. Herbst.

Perris, loc. cit. p. 7.

A. cinctus. Oliv.

Perris, loc. cit. p. 9.

Ce mémoire de M. Perris, fait avec tout le talent et l'exactitude que l'on connaît à l'auteur, renferme une histoire à peu près complète des larves du genre.

Coraebus. Lap. et Gory.

C. amethystinus. Oliv.

Durieu de Maisonneuve, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1847, t. V, 2e sér. Bull. p. IX.

EUCNÉMIDES.

Tête rétractile dans le segment prothoracique, charnue, avec quelques plaques cornées; bouche dirigée en avant et formée de parties écailleuses.

Ocelles nuls.

Antennes non visibles. (D'après les observations de M. Perris les antennes existent réellement, mais sont presque entièrement rétractiles, de sorte qu'elles ont pu échapper à Erichon, s'il n'a eu à sa disposition que des larves conservées dans l'alcool. Elles sont formées de trois articles : le premier court et gros, les deux autres plus allongés et cylindriques, le dernier à extrémité déchiquetée).

Plaque sus-céphalique cornée en avant.

Lèvre supérieure coriacée, arrondie sur son bord antérieur.

Mandibules courtes et fortes, écailleuses, munies sur leur bord externe, près de l'extrémité, de deux fortes dents recourbées en arrière.

Mâchoires non développées.

Lèvre inférieure formée d'un menton large, court, charnu; d'une petite languette carrée à bord sinueux; ces deux parties fermant en

dessous l'espace qui sépare les mandibules ; sans trace de palpes ni de pièces palpigères.

Segments thoraciques dépourvus de pattes ; prothorax un peu plus large et plus déprimé que les suivants, présentant en dessus et en dessous deux bourrelets cornés, arqués et convergents à leur partie antérieure ; en dehors de ceux-ci se trouve à chaque angle une tache cornée, plus grande en dessus qu'en dessous et recouverte de tubercules saillants ; les deux autres segments ressemblent à ceux de l'abdomen, mais sont un peu plus larges.

Segments abdominaux au nombre de neuf, presque cylindriques, charnus ; le dernier obtusément acuminé ; anus non saillant, formant une fente longitudinale à la partie inférieure du segment terminal.

Stigmates arrondis, au nombre de neuf paires situées sur les côtés du mésothorax et des huit premiers segments abdominaux.

Ces caractères sont empruntés à Erichson.

Une seule larve de cette famille a été décrite, celle du *Melasis flabellicornis*. Fab. Elle a beaucoup d'analogie avec celle des Buprestides ; cependant elle s'en éloigne par l'absence complète de palpes labiaux et de mâchoires ; par conséquent la bouche se compose uniquement des lèvres supérieure et inférieure, et des mandibules. Cette conformation imparfaite a paru suffisante à Erichson pour motiver l'établissement d'une famille spéciale, distincte de celle des Buprestides.

Melasis. Oliv.

M. flabellicornis. Fabr. (Pl. IV, fig. 7).

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 84.

Guérin, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. I, 2e sér. 1843, p. 163, pl. V, fig. 1-2.

Perris, ibid. t. V, 2e sér. 1847, p. 541, Pl. IX, n° 1-5.

Noerdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 226, Pl. I, fig. 1.

ÉLATÉRIDES.

On posséde actuellement dix à douze bonnes descriptions de larves de cette famille, dont les caractères peuvent se résumer de la manière suivante :

Tête cornée, plane en dessus et en dessous, à bouche dirigée horizontalement.

Ocelles nuls.

Antennes très-courtes, de trois articles, articulées sur les côtés de la tête près des mandibules.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct, fermant la bouche en haut.

Lèvre supérieure non visible.

Mandibules courtes, assez fortes, tantôt simples, tantôt dentées, se recouvrant un peu au repos.

Mâchoires formées d'une pièce basilaire très-allongée, soudée au menton et enclavée avec lui dans une échancrure de la plaque sous-céphalique, si profonde qu'elle atteint presque la base de la tête; soudure des mâchoires avec le menton disposée de telle manière qu'elles ne peuvent en aucune façon se rapprocher, par suite de l'interposition de la lèvre inférieure; leur lobe interne peu développé, cilié en dedans; le lobe externe formé de deux articles, avec un palpe court de quatre articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton très-allongé, soudé d'une manière immobile entre les mâchoires, tantôt de forme quadrangulaire allongée, tantôt triangulaire, lorsque les mâchoires se réunissent à leur base; ce menton, corné à sa base, est parcheminé à son extrémité; pièces palpigères libres, totalement soudées entre elles; palpes labiaux courts, de deux articles; pas de trace de languette.

Thorax formé de segments semblables aux segments abdominaux; le prothorax plus long et recouvert d'écussons cornés plus solides; pattes courtes, très-rapprochées l'une de l'autre, formées d'une hanche cylindrique, dirigée obliquement en bas, d'un trochanter court, d'une cuisse et d'une jambe un peu plus longues, et d'un tarse consistant en un ongle simple et crochu.

Segments abdominaux au nombre de neuf, presque complètement protégés en dessus et en dessous, de même que les segments thoraciques, par des écussons cornés, écailleux; les inférieurs moins larges que les supérieurs; celui de l'arceau dorsal du dernier segment plus dur, souvent déprimé et diversement configuré. Anus porté sur un prolongement conique servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit situées sur les huit premiers segments abdominaux, sur les bords latéraux des

écussons dorsaux, la neuvième sur le mésothorax, également sur l'écusson dorsal, mais sur un plan inférieur aux autres.

Après avoir donné ces caractères, Erichson (Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 85) fait ressortir les particularités des organes buccaux de ces larves, particularités bien remarquables en effet, et que l'on ne retrouve dans aucune autre famille, si ce n'est dans le groupe des Clythrides parmi les Chrysomélines et celui des Peltides parmi les Nitidulaires. Un grand nombre d'Elatérides ont, à l'état de larve, la forme générale si bien connue des vers de farine, mais on les distinguera à la première vue par la forme déprimée de la tête; le corps est tantôt tout-à-fait cylindrique, tantôt légèrement aplati et dans ce cas plus raccourci. La couleur la plus ordinaire est un jaune clair ou rougeâtre; quelques espèces sont d'un brun noir ou purpurin, par exception d'un blanc jaunâtre. Dans un grand nombre le dernier segment est aplati, à bords diversement dentés ou épineux, ce qui pourrait servir peut-être à caractériser beaucoup d'entre elles. Les petites espèces se trouvent communément sous le gazon, d'autres dans les champignons ou le détritus de bois décomposé, d'autres enfin sous les écorces ou dans les galeries creusées par des Xylophages. Leur nourriture n'est pas bien connue; celles de ces larves qui vivent au pied des graminées, se nourrissent très-probablement de substance végétale, et depuis longtemps on les a regardées comme très-nuisibles. Quant aux autres, leur régime pourrait bien être carnassier; en effet la conformation des organes buccaux semble justifier cette opinion; et d'autre part M. L. Dufour, en décrivant les mœurs de la larve de l'*Elater rhombeus*, dit positivement qu'elle est carnassière. De notre côté, nous avons rencontré dans l'automne de 1849, une larve d'Elatéride occupée à dévorer une larve de Diptère, dans un champignon déjà décomposé.

Melanotus. Eschs.

M. niger. L.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 186, n° 8, Pl. VIII, fig. 33.

M. rufipes. Herbst.

Bouché, Naturg. der Ins. 1834, p. 185, n° 7, Pl. VIII, fig. 32.

Agrypnus. Eschs.

A. atomarius. Fabr.

Lucas, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1851, t. X, p. 268, Pl. IV, n° 2, fig. 1-1 *a-d*.

A. fuscipes. Fabr.

Lequien, Magaz. de Zoolog. 1831, Pl. 41.

Cette larve, figurée et décrite sous le nom d'*Anthia sexguttata* Fabr., appartient très-probablement à l'espèce actuelle qui est originaire du Bengale.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des ins. Coléopt. t. IV, 1834, p. 268, Pl. IX, fig. 2-6.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 67, fig. 2 (8). M. Westwood, comme les auteurs précédents, a reproduit la figure primitive, tout en exprimant ses doutes sur l'exactitude de la détermination.

Adelocera. Latr.

A. varia. Fabr.

Blisson, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1846, t. IV, 2e sér. p. 65, pl. II, n° I, fig. 2.

Lacon. Lap.

L. murinus. L.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 233, fig. 24 (21).

Blanchard, Règn. anim. de Cuvier, Ins. 1845, Pl. XV, fig. 7, 7-*a*.

Alaus. Eschs.

A. oculatus. Fabr. (Pl. V, fig. 3).

Harris, Insect. of Massach. 1841, p. 48.

Cette larve remarquable a été décrite assez brièvement par M. Harris; M. Guérin-Méneville ayant bien voulu nous la communiquer, nous en donnerons une description plus détaillée :

Tête un peu moins large que le prothorax, quadrangulaire, déprimée en dessus, très-légèrement convexe en dessous.

Plaque sus-céphalique présentant deux carènes latérales légèrement courbées, et une ligne élevée, obtuse dans son milieu; bord antérieur sinueux, présentant trois pointes médianes.

Ocelles nuls.

Antennes courtes, insérées sur les parties latérales de la tête, logées dans une échancrure de la face externe des mandibules, composées de trois articles : le premier un peu plus long que le deuxième; celui-ci légèrement renflé à son extrémité, portant en dehors un petit article appendiculaire, recouvert d'une peau molle, et en dedans le troisième article qui est extrêmement grêle et court.

Mandibules valides, courtes, inermes, à pointe acérée.

Mâchoires sans pièce cardinale distincte; la pièce basilaire allongée, subcylindrique, soudée au menton, coupée perpendiculairement à son extrémité, qui porte un palpe maxillaire très-court, de quatre articles : dont le premier court, les deux suivants égaux, le quatrième plus petit, conique; lobe externe articulé, formé de deux pièces cylindriques, la terminale un peu plus longue que l'autre. Nous n'avons pu voir le lobe interne, les parties étant contractées, par suite de leur dessication; peut-être était-il retiré dans le corps de la pièce basilaire.

Menton très-allongé, soudé dans toute sa longueur aux pièces basilaires des mâchoires, et terminé avec elles en pointe postérieurement; pièces palpigères soudées, portant des palpes labiaux de deux articles : le premier deux fois aussi long que le second, qui est un peu acuminé.

Prothorax aussi long que les deux segments suivants réunis, recouvert jusqu'a l'origine des pattes par un écusson corné, écailleux, lisse, avec quelques légères stries onduleuses sur les côtés de la ligne médiane; les deux segments suivants recouverts d'écussons moins durs et moins étendus, portant chacun une paire de pattes fort courtes, robustes, formées des parties normales, recouvertes de nombreuses petites épines aiguës sur les bords de leur face interne.

Segments abdominaux un peu plus longs et plus larges que les segments thoraciques, arrondis sur les parties latérales et fortement rétrécis à l'endroit des articulations; protégés en dessus par des plaques sub-écailleuses se perdant insensiblement dans les téguments et ornées de légères stries onduleuses peu distinctes; segment terminal conique, non déprimé à sa face supérieure, mais parsemé d'épines raides, d'autant plus fortes qu'elles se rapprochent davantage du bord postérieur; celui-ci présentant dans son milieu une échancrure peu profonde, limitée de chaque côté par un prolongement terminé par deux pointes cornées. Anus prolongé en tube, ouvert au milieu d'un gros tubercule saillant, recouvert d'épines crochues, dirigées en avant; deux d'entre elles plus fortes et plus

longues se trouvent en arrière de l'ouverture anale et présentent une courbure prononcée.

Stigmates en nombre normal; ceux de la première paire extrêmement grands, à péritrème ovalaire et ouverture à trois branches; dans les autres, qui affectent une forme analogue, le péritrème est moins distinct.

Cette larve, qui forme un nouveau type dans la famille dont nous nous occupons, atteint 2 $^1/_2$ pouces de long sur 4 à 5 lignes de large; la tête est presque noire, le prothorax d'un brun noirâtre, les deux segments suivants sont de la même couleur, mais plus claire, les autres d'un jaune brunâtre; les épines du dernier segment et l'extrémité des pattes sont de la couleur du prothorax. Son corps est de forme linéaire, un peu déprimé, avec des rétrécissements prononcés aux points de jonction des segments entre eux.

Pyrophorus. Illig.

P. noctilucus. Fabr.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, p. 86.

La larve décrite en quelques mots par Erichson et qu'il pense pouvoir rapporter, avec doute, à l'espèce que nous indiquons, semble avoir la plus grande analogie avec celle de l'*Alaus oculatus;* elle vient de Cuba.

Athous. Eschs.

A. undulatus. Payk.

De Geer, Mém. t. IV, 1774, pl. V.

A. rhombeus. Oliv.

L. Dufour, Ann. des scienc. natur. 1840, 2^e sér. t. XIV, p. 41, pl. 3 B, fig. 1 et suiv.

A. hirtus. Herbst. (Pl. V, fig. 1).

Cette larve fait partie du second groupe des larves d'Élatérides, c'est-à-dire de celles dont le corps est légèrement déprimé et un peu raccourci; elle présente les caractères suivants :

Tête fortement déprimée, beaucoup plus large que longue, presque semi-circulaire.

Plaque sus-céphalique fortement et irrégulièrement impressionnée en avant, présentant sur son bord antérieur quelques soies

fauves et une petite pointe médiane, saillante, avec quelques gros points enfoncés sur le vertex et les parties latérales.

Antennes entourées à leur base d'un petit rebord saillant; leur premier article de longueur médiocre, élargi à son extrémité, le deuxième de moitié plus grêle, cylindrique et un peu plus court, le troisième très-court et très-grêle.

Mandibules de médiocre longueur, inermes.

Mâchoires de structure normale, à pièce basilaire semi-cylindrique; lobe interne très-petit, cilié, l'externe de deux pièces égales en longueur et portant quelques soies fauves; palpes de quatre articles, diminuant rapidement de grosseur, le deuxième le plus long de tous.

Lèvre inférieure formée d'un menton en quadrilatère allongé, à grand axe longitudinal, un peu rétréci à sa partie antérieure, portant des pièces palpigères entièrement confondues à leur base, un peu divergentes au sommet; palpes de deux articles inégaux, le second grêle et court; aucune trace de languette.

Segment prothoracique du double plus long que les suivants, lisse, présentant à peine quelques légères stries onduleuses et quelques points à peine marqués; mésothorax et métathorax semblables aux segments abdominaux; pattes courtes, fortement épineuses sur leurs faces antérieure et postérieure.

Les huit premiers segments abdominaux semblables entre eux et aux deux derniers segments thoraciques; chaque arceau dorsal divisé en deux parties: l'une antérieure, ornée de gros points enfoncés, rugueux et un peu confluents, d'autant mieux marqués qu'on les examine sur un arceau plus rapproché de l'extrémité anale; l'autre partie postérieure, à peu près lisse, avec un sillon peu profond, parallèle à son bord postérieur. De la partie antérieure du prothorax part un sillon médian enfoncé, qui atteint jusqu'au bord postérieur du huitième segment abdominal. Segment terminal allongé, fortement déprimé et ponctué, présentant deux carènes latérales élevées, réunies antérieurement par une autre carène semi-circulaire, moins saillante; chaque carène latérale présente trois pointes obtuses et se termine postérieurement par une forte épine bifurquée, à branches divergentes, dont l'externe un peu recourbée en haut, l'interne se portant vers celle du côté opposé; tout l'espace limité par ces carènes plus fortement ponctué et muni d'une impression médiane courte, partant de son bord postérieur.

Cette larve, de forme linéaire, est d'un noir brillant en dessus, avec quelques espaces transparents d'un brun rougeâtre, jaunâtre en dessous; la tête et les bords latéraux sont parsemés de quelques longs poils fauves, dressés; vers le bord dorso-latéral des écussons supérieurs, se trouve sur chaque segment un point enfoncé d'où sortent deux à trois poils allongés, fauves et un peu couchés.

Elle n'est pas rare, et nous l'avons trouvée tantôt dans des galeries creusées par des Ichneumonides, tantôt sous les écorces de vieux arbres, parmi des champignons, du détritus et une quantité de larves de divers genres, dont probablement elle fesait sa nourriture. Nous avons souvent élevé ces larves, mais jamais elles ne se sont métamorphosées et nous n'avons pu arriver à sa détermination que favorisés par une heureuse circonstance; en brisant un fragment de branche de chêne creusé de larges galeries, nous avons trouvé la dépouille de notre larve et à côté l'insecte parfait à moitié formé et mort.

Campylus. Fisch.

C. mesomelas. Schmidt.

Stroem, Hans. Nogle Insekt. larves mid deres forvandl. t. II, p. 375.

C. linearis. Fabr. (Pl. V, fig. 2).

Cette larve appartient au même groupe que celle de l'*Athous rhombeus*, dont elle présente entièrement l'organisation céphalique.

Le segment prothoracique est du double plus long que les deux suivants; tous trois sont à peu près lisses, ornés seulement de quelques stries fines peu marquées et onduleuses; les pattes sont épineuses comme celles de l'*Athous* en question.

Chaque arceau dorsal des huit premiers segments abdominaux présente dans ses deux tiers antérieurs de petits points enfoncés, plus nombreux sur les parties latérales, transversalement allongés et un peu confluents; le reste de l'arceau est à peu près lisse. Le segment terminal présente aussi une conformation analogue à celle de l'*Athous;* il est déprimé et orné d'une carène qui longe les bords latéraux et antérieurs; chaque carène latérale est munie de trois pointes larges, obtuses, et se termine postérieurement par une corne bifurquée dont la branche externe est à peu près droite et dirigée selon l'axe longitudinal du corps; l'interne est beaucoup

plus petite et dirigée dans un sens perpendiculaire à la précédente, de sorte qu'elle rencontre presque sa correspondante. L'espace limité par ces carènes est à peu près lisse ; on observe seulement un sillon médian qui, partant du bord postérieur, se perd vers les deux tiers antérieurs de l'arceau, et sur les côtés de ce sillon quelques stries légères, flexueuses, plus marquées vers la base interne des carènes.

Cette larve est d'un brun très-foncé, à reflets un peu rougeâtres dans certains endroits. Elle est assez rare, et se trouve dans les mêmes lieux que celle de l'*Athous*, dont elle a probablement le genre de vie.

Elater L.

E. sanguineus. L.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 185, n° 6.

E. fulvipennis. Hoffm.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 183, n° 5, pl. VIII, fig. 23.

Ludius. Latr.

L. ferrugineus. L.

Blisson, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1846, 2e sér. t. IV, p. 65, pl. II, n° I, fig. 1.

Agriotes. Eschs.

A. obscurus. Gyll.

Marsham, Trans. of the Linn. Soc. t. IX, pl. XVIII, fig. 4.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 253, fig. 24, (14-19).

A. segetis. Bjerk.

De Geer, Mém. 1752, t. V, Mém. VIII, p. 397, pl. XII, fig. 4, 5 (*E. segetis*, d'après M. Lucas).

S. Bjerkander, Mém. de Stockholm, 1779, p. 254, pl. X, fig. 1; avec des détails sur les mœurs.

Blanchard, Ann. de l'Agricult. franç. 1847, 4e sér. t. I, p. 218.

A. lineatus. L.

De Geer, Mém. 1752, t. IV, Mém. IV, p. 135, pl. V, fig. 23-25.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 186, n° 9, tab. VIII, fig. 34.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insekt. 1857, p. 105.

A. sputator. Fabr.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insekt. 1857, p. 149. Cette larve paraît être nuisible aux plantes potagères, surtout aux salades.

CÉBRIONIDES.

On doit à M. Lucciani la première observation concernant les états primitifs du *Cebrio gigas*, observation très-succincte et dans laquelle l'auteur, qui n'a eu à sa disposition que la dépouille d'une larve, se borne à faire connaître qu'elle ressemble pour la forme et la couleur à celle des vers de farine. Dans ces derniers temps, M. Lefébure de Cérisy, après de longues recherches, a pu enfin se procurer plusieurs larves et a été assez heureux pour assister à leurs métamorphoses. Il a fait part de ses observations à M. Guérin-Méneville et lui a remis tous les objets qu'il avait pu recueillir concernant l'histoire de cette espèce. Le célèbre entomologiste que nous venons de citer, après avoir communiqué à l'Académie des sciences de Paris les découvertes pleines d'intérêt de son correspondant, se proposait d'ajouter à son travail un Mémoire sur quelques observations plus détaillées et une description complète de la larve; mais sans cesse occupé de travaux importants et à la veille d'un voyage scientifique dans le midi de la France, il a vu le temps lui faire défaut pour compléter ces observations. Toujours désintéressé et ne recherchant que l'utilité de la science, il a bien voulu nous remettre tous les matériaux qu'il possédait sur ce sujet.

Cebrio. Oliv.

C. gigas. Fabr. (Pl. V, fig. 4).

Lucciani, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1845, t. III, 2e sér. Bull. p. CXI.

Lefébure de Cérisy. — Mémoire manuscrit.

Guérin-Méneville, Comptes-rendus de l'Acad. des scienc. de Paris, 1853, t. XXXVI, n° 5, p. 225.

Tête cornée, en partie enfoncée dans le prothorax, à bouche dirigée en avant et un peu en bas.

Plaque sus-céphalique légèrement convexe, à surface inégale, ridée et ponctuée, munie en avant de deux carènes transversales

flexueuses, peu élevées; sans chaperon ni lèvre supérieure; présentant au milieu de son bord antérieur une pointe aiguë, et de chaque côté un prolongement subcorné à contours arrondis, et densément recouverte de longs poils dorés.

Ocelles nuls.

Antennes articulées immédiatement en dehors de l'insertion des mandibules, dirigées en avant et reçues dans un sillon creusé à la face externe de ces dernières; formées de trois articles portant quelques soies : les deux premiers presque égaux, le troisième très-grêle, à peine le tiers du précédent en longueur et accompagné d'un petit article supplémentaire de moitié moins long.

Mandibules très-dures, peu allongées, comme excavées à leur face supérieure, formées d'une lame falciforme peu épaisse, large; munies sur leur bord interne d'une dent triangulaire un peu arquée, et en dessous de celle-ci de deux séries de longs poils.

Mâchoires écailleuses, formées d'une pièce cardinale allongée, soudée au menton dans toute sa longueur; d'une pièce basilaire assez courte, prolongée en dedans en un lobe continu, densément recouvert sur ses bords de longs poils jaunes et portant en dehors un lobe externe mobile, formé de deux articles presque égaux; d'un palpe maxillaire de quatre articles, dont les deux premiers assez gros et courts, le troisième un peu plus long, le quatrième à peu près de même longueur, mais plus grêle.

Lèvre inférieure de la même consistance que les mâchoires, formée d'un menton allongé, étroit, soudé avec les pièces cardinales des mâchoires dans une grande partie de sa longueur; présentant antérieurement des pièces palpigères entièrement confondues, et portant des palpes labiaux bi-articulés; sans trace de languette.

Segments thoraciques revêtus de téguments écailleux, comme les segments abdominaux; prothorax plus long que les deux segments suivants réunis, coupé obliquement d'arrière en avant aux dépens de sa face supérieure, de manière que son prolongement inférieur recouvre la plus grande partie de la plaque sous-céphalique et la base des organes buccaux; écusson dorsal lisse, très-développé, recouvrant les $^5/_6$ du segment; écusson ventral étroit, limité par deux sillons latéraux, écailleux dans la plus grande partie de sa longueur et fortement ridé transversalement.

Mésothorax et métathorax peu allongés, présentant des écussons ventraux un peu plus larges que celui du prothorax et submembraneux; des écussons dorsaux le premier est lisse, le second est

orné de quatre carènes transversales rugueuses. Pattes courtes, fortement épineuses, articulées sur les côtés de la ligne médiane, formées d'une hanche obconique, courte, dirigée de dehors en dedans; d'un trochanter, d'une cuisse et d'une jambe à peu près de même longueur; d'un tarse formé par un ongle simple peu développé; pattes antérieures insérées au bord postérieur du prothorax, très-réduites, plus courtes et beaucoup plus grêles que les suivantes.

Segments abdominaux au nombre de neuf, cylindriques, revêtus en dessus et en dessous d'écussons écailleux, résistants, les inférieurs moins développés que les supérieurs; écusson dorsal du premier orné de carènes semblables à celles du métathorax, mais au nombre de sept à huit; celui du suivant présentant des carènes analogues, mais beaucoup moins marquées; les autres segments n'offrent en dessus que de légères ondulations; segment terminal du double plus long que les précédents, à extrémité obtuse. Anus inféro-antérieur, sous forme d'une ouverture arrondie, limité par deux sillons latéraux convergents en arrière, de sorte que le segment paraît formé presque en entier par l'arceau dorsal.

Stigmates ovalaires, au nombre de neuf paires : la première située inférieurement au bord antérieur de l'écusson dorsal du mésothorax; les huit autres au bord antérieur des huit premiers segments abdominaux.

Cette larve, longue de cinq à six centimètres et large de cinq millimètres, est d'un jaune rougeâtre assez vif, lisse et brillante, parsemée de quelques poils rares, dressés, jaunâtres, plus nombreux sur les parties antérieures et postérieures; son corps est tout-à-fait cylindrique et obtus à ses deux extrémités. Elle offre diverses particularités remarquables : les pattes sont extrêmement courtes et rapprochées les unes des autres; celles du prothorax, qui sont reportées tout-à-fait en arrière de ce segment, comme chez certaines larves de Longicornes, sont en quelque sorte atrophiées et inutiles à la progression, au moins sur un plan uni, comme j'ai pu m'en assurer sur une larve vivante. Un autre point beaucoup plus intéressant et qui jusqu'à ce jour n'a été signalé dans aucune autre larve, c'est la faculté que possède celle-ci de gonfler, de dilater l'espace membraneux qui unit la plaque sous-céphalique au prothorax. A l'état ordinaire la larve ne présente rien de particulier dans cet endroit; mais lorsqu'elle relève la tête, et elle peut la redresser presque à

angle droit avec le reste du corps, non-seulement on voit apparaître un espace mou, blanchâtre et strié, mais la gorge est occupée par une dilatation considérable, comme on peut le voir sur les figures que nous donnons. Il serait assez difficile d'exposer comment cette lamelle membraneuse se déploie et disparait dans les mouvements alternatifs de la tête de l'insecte; du reste, ce n'est pas là le point essentiel; il serait beaucoup plus intéressant de connaître le but, la fonction de cet appendice. Il n'avait pas échappé à l'observation de M. De Cérisy; il rapporte que, tenant un jour en main une motte de terre où se trouvait une larve, il sentit les efforts qu'elle faisait pour pénétrer plus profondément, et s'aperçut en même temps que sa main était humectée dans cet endroit. Ce fait nous éclairera peut-être un jour sur les fonctions de cet appareil; est-il destiné à refouler la terre humectée par une espèce de salive, ou bien est-il le lieu de la sécrétion de ce liquide? Cette dernière conjecture paraît la plus probable lorsqu'on réfléchit à la texture molle et translucide de cette membrane.

De même que l'insecte parfait présente dans sa forme générale certaines analogies avec quelques Cistélides, cette larve rappelle à un haut degré plusieurs autres de cette famille et en général celles des Mélasomes; mais un examen plus attentif éloigne complètement l'idée de ce rapprochement. C'est aux larves d'Élatérides que nous devons la comparer; quelques détails sur ce point de classification ne seront pas hors de propos.

Chez les larves des Élatérides la tête est toujours déprimée; dans celle des *Cebrio* la plaque sus-céphalique est légèrement convexe; à cette première différence si nous ajoutons l'absence de la fausse patte anale, la disposition et l'atrophie de la première paire de pattes, la forme insolite du prothorax, nous aurons les points principaux qui distinguent ces larves. Les analogies sont plus nombreuses et plus importantes; ainsi dans les deux groupes nous devons signaler l'absence d'ocelles, de chaperon, de lèvre supérieure, de languette, la même disposition des antennes, et surtout la composition analogue des mâchoires; c'est-à-dire que nous trouvons dans les deux types des palpes maxillaires de quatre articles, des lobes externes mobiles, bi-articulés, et des lobes internes plus ou moins développés. On observe cependant de légères différences dans ces parties, et les mâchoires elles-mêmes jouissent chez les Cébrionides d'une mobilité plus grande. Ces points suffisent pour montrer qu'Olivier était dans le vrai en rapprochant le genre *Cebrio* du genre *Elater*,

mais aussi que les auteurs modernes ont eu raison de former de ce genre une famille spéciale.

La larve du *Cebrio gigas*, d'après les renseignements fournis par M. Lefébure de Cérisy, vit en terre dans les endroits secs et se nourrit probablement du chevelu des racines des végétaux. Elle demeure plusieurs années sous ce premier état, peut-être trois ans; parvenue à son entier développement elle se creuse une loge dans la terre et s'y métamorphose. La nymphe dont nous avons pu examiner la dépouille, ne nous a rien présenté de spécial; on y distingue, comme de coutume, les diverses parties de l'insecte parfait.

ATOPIDES.

On ne connait de cette famille que la larve suivante qui a été décrite par Erichson.

Atopa. Fabr.

A. cinerea. Fabr.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 88.

Tête grosse, légèrement convexe en dessus, aplatie en dessous, à bouche dirigée directement en bas.

Ocelles nuls.

Antennes articulées sur les côtés de la tête, immédiatement au-dessus des mandibules, de quatre articles : le premier court et un peu épaissi; le deuxième long, dirigé en bas de même que le premier; le troisième également allongé, dirigé en avant; le quatrième petit, tuberculiforme, à peine saillant.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct.

Lèvre supérieure épaissie, dirigée en bas et fermant la bouche en avant, arrondie sur son bord antérieur, complètement soudée à sa base avec la plaque sus-céphalique.

Mandibules faisant saillie sur les côtés et près de l'extrémité de la lèvre supérieure, légèrement courbées, très-fortes, munies sur leur bord interne, vers l'extrémité, d'une dent simple, et, vers le milieu, d'une forte dent bifide, formant une saillie considérable dans la bouche.

Mâchoires formées d'une pièce cardinale transversale; d'une pièce basilaire munie à son extrémité de deux saillies assez allongées,

coriacées, crochues à leur pointe, qui est bifide; palpe maxillaire de trois articles.

Lèvre inférieure coriacée, formée d'un menton court, transversalement quadrangulaire; de pièces palpigères soudées, séparées seulement par une impression et formant un corps carré; de palpes labiaux de deux articles.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; pattes assez allongées, formées d'une hanche assez longue, appliquée contre le corps et dirigée directement en dedans; d'un trochanter court, soudé à la cuisse; d'une cuisse assez longue; d'une jambe garnie de soies et aussi allongée; enfin d'un tarse consistant en un ongle simple, peu développé.

Segments abdominaux au nombre de neuf, recouverts chacun en dessus d'un écusson corné, protégés en dessous par une peau parcheminée; très-courts, sauf le dernier qui est aussi long que les deux précédents réunis, arrondi en demi-cercle, et muni à son extrémité de deux points distants l'un de l'autre et dirigés en arrière; anus non saillant.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, sur les côtés des écussons dorsaux; la neuvième située sur le côté inférieur du mésothorax.

Erichson fait remarquer l'analogie de cette larve avec celle des Lamellicornes, mais elle n'est pas recourbée et sa tête est beaucoup plus grosse; son corps est très-court et contracté, recouvert de poils hérissés, rares et régulièrement disposés. Elle se nourrit probablement des racines de végétaux, comme les larves de Lamellicornes; M. Curtis rapporte aussi (*Brit. Entom.*) qu'elle a été trouvée en terre.

CYPHONIDES.

Tête un peu inclinée en bas, à contours arrondis, un peu convexe en dessus, aplatie en dessous.

Ocelles formant un groupe de chaque côté, derrière l'insertion des antennes.

Antennes articulées sur les côtés de la tête; leur premier article un peu épaissi, pyriforme; le deuxième cylindrique, un peu plus long que le premier et supportant une tige filiforme, composée d'une quarantaine de petits articles.

Plaque sus-céphalique brusquement rétrécie vis-à-vis des an-

tennes, présentant en ce point une carène transversale élevée qui limite le chaperon; celui-ci garni sur son bord antérieur de longs poils.

Lèvre supérieure dirigée en avant, plus étroite que le chaperon, échancrée sur son bord antérieur, qui présente deux prolongements spiniformes, dirigés l'un vers l'autre.

Mandibules de la longueur de la lèvre, aplaties, presque triangulaires, à bord externe arqué ainsi que l'interne, mais celui-ci plus faiblement et pourvu à sa base d'une surface molaire sillonnée transversalement, laquelle est membraneuse et fortement ciliée en avant; le bord interne de la mandibule est encore cilié sur une petite partie de son étendue; le reste jusqu'à son extrémité, est glabre.

Mâchoires déprimées, presque parcheminées; lobes maxillaires soudés à la pièce basilaire; l'interne très-petit, triangulaire, fortement cilié sur son bord interne et placé à la base du second; celui-ci gros, chargé de poils denses, surtout à l'extrémité du bord externe; palpes maxillaires assez longs, filiformes, de quatre articles mobiles l'un sur l'autre, comme dans l'insecte parfait.

Lèvre inférieure formée d'un menton très-gros, recouvrant presque la totalité de la face inférieure de la tête; la languette, qui se trouve à la face interne du menton, est large, échancrée en avant où elle est garnie de spinules courts et simples; sur les côtés de l'organe se trouvent des paraglosses soudées, à la vérité, avec lui, mais dont la suture est indiquée par une série de poils; du milieu du bord antérieur de la languette s'élève une petite pièce conique, cornée, munie à son extrémité de quatre épines également cornées et dentées en forme de scie sur leur bord interne.

Pièces palpigères très-distantes l'une de l'autre; palpes labiaux courts, de deux articles, dont le terminal plus court et plus grêle que le précédent.

Thorax formé de segments semblables à ceux de l'abdomen; seulement le prothorax est un peu plus grand et plus long que les suivants et rétréci antérieurement.

Pattes assez courtes; hanches insérées dans de faibles dépressions, obliquement dirigées en dedans; tarse muni d'un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de huit, recouverts d'écussons subcoriacés s'avançant fortement sur les côtés.

Stigmates ?..

Ces caractères sont empruntés à Erichson, qui les a établis d'après quelques larves de *Cyphon* qu'il avait examinées. Comme ils s'appliquent au genre typique nous les avons placés en tête de la famille, bien qu'on ne puisse les considérer comme des caractères généraux.

Cyphon. Payk.

C. *pallidus*. Fabr. (Pl. V, fig. 5).

Nous avons trouvé sa larve au mois de mai, sur des plantes aquatiques. Aux caractères formulés par Erichson nous n'ajouterons que quelques remarques particulières à cette espèce.

Elle est entièrement d'un noir grisâtre, et sa longueur est de 5 à 6 millimètres indépendamment des antennes qui mesurent le tiers à peu près de la longueur totale.

Nos larves se transformèrent en nymphes dans les premiers jours de juin, et quinze jours après eut lieu leur dernière métamorphose.

Eucinetes. Schüpp.

E. meridionalis. Cast.

Perris, Ann. de la soc. ent. de Fr. t. IX, 2e sér. 1851, p. 48, Pl. II, n° 5, fig. 26-36.

Eurypalpus Dej.

E. Lecontei. Dej. des Etats-Unis.

J. L. Leconte, in Agassiz Lake superior, etc. Boston, 1850, p. 241.

Larve singulière, prise dans l'origine pour un Crustacé et décrite comme telle par M. Harris, à ce que rapporte M. J. L. Leconte, qui s'aperçut le premier que c'était une larve d'Insecte, qu'il regarda, en premier lieu, à cause de ses habitudes aquatiques, comme étant celle de quelque Névroptère. C'est dans ce sens qu'il en parla brièvement à la réunion des Naturalistes tenue à Cambridge (Etats-Unis) en 1849 (?). Plus tard, ayant rencontré sous des pierres, au bord des chutes de Niagara, un grand nombre d'individus qui avaient quitté l'eau pour se changer en nymphes, il reconnut aux formes de ces dernières qu'il avait sous les yeux les premiers états d'un Coléoptère du genre *Eurypalpus* de Dejean. Les transforma-

tions de ces larves n'ont pas été suivies jusqu'au bout, mais comme le genre en question ne se compose jusqu'ici que d'une seule espèce, l'*E. Lecontei* Dej., il est probable que c'est à elle qu'il faut les rapporter.

Ces larves sont recouvertes en dessus par un vaste bouclier épidermique, articulé, cilié sur ses bords, et qui a été la cause de l'erreur dans laquelle est tombé à leur sujet M. Harris. Quand elles sont sur le point de se changer en nymphe, ce bouclier devient adhérent par ses bords aux pierres sous lesquelles elles se réfugient; il est rejeté en même temps que la peau et protège, ainsi que celle-ci, la nymphe. Voici, du reste, la description que donne M. J. L. Leconte de l'animal sous les deux états en question.

« Le corps proprement dit de la larve est, dit-il, allongé; la tête est libre, c'est-à-dire non rétractile, mais cachée sous le vaste bouclier que forme un prolongement de l'épiderme dorsal du prothorax. De chaque côté sont six petits ocelles rapprochés, en avant desquels sont situées les antennes un peu plus longues que la tête et bi-articulées; chaque article a une tendance à se diviser dans son milieu, de sorte qu'au premier coup-d'œil on croirait qu'il y en a quatre. Ces organes sont insérés à l'extrémité externe de la suture qui sépare le chaperon du crâne. Le labre est grand et un peu échancré dans son milieu. La partie inférieure de la tête est cachée par un grand menton, qui empêche de voir les mandibules et les mâchoires. Les palpes maxillaires n'ont que la moitié de la longueur des antennes; ils sont filiformes, assez robustes, et composés de trois articles égaux. Les palpes labiaux sont inclinés en bas et recouverts par l'épiderme. Chez les très-jeunes larves les palpes sont encore plus courts relativement aux antennes. L'abdomen porte de chaque côté six touffes de longs filaments branchiaux qui naissent des intervalles entre les articulations; une touffe plus grosse des mêmes filaments est en rapport avec l'ouverture anale, qui est contractile et ordinairement invisible chez les exemplaires morts; une petite fossette se voit sur chaque segment en dehors de ces touffes. Chaque segment lui-même se prolonge à une courte distance entre les lames du bouclier épidermique, de sorte que le contour de la portion charnue du corps paraît festonné. Les pattes sont grêles, avec les tarses d'un seul article terminé par un crochet simple. »

« La nymphe est largement ovale et déprimée. Sa tête est cachée sous un capuchon formé par le prolongement de l'épiderme du pro-

thorax. Les ongles postérieurs de ce capuchon sont saillants, ce qui le fait exactement ressembler au thorax d'un *Lampyris*. Le front entre les antennes est transversalement convexe, de sorte que la bouche est inférieure. Les antennes sont trois fois plus longues que la tête, et dans les exemplaires bien développés on peut voir, à travers la peau, qu'elles sont dentelées et composées de onze articles. Les palpes ont les deux tiers de la longueur des antennes et sont légèrement dilatés à leur extrémité; les labiaux sont très-courts. Le labre est transversalement cordiforme. Les ailes sont repliées sous le corps; les supérieures présentent la structure des élytres, et ont quatre fines côtes longitudinales; les inférieures sont membraneuses, avec une faible nervure transversale près de leur milieu. L'abdomen est composé de six segments, dentelé sur les côtés, par suite de la saillie angulaire de chaque segment, et sans aucune trace d'appendices branchiaux; le segment terminal est arrondi. Les pattes sont grêles et sans crochets. Le dessous du mésothorax est profondément canaliculé. »

M. J. L. Leconte ajoute que la figure de la larve, donnée par M. Harris, n'a aucune valeur scientifique.

LAMPYRIDES.

Tête à bouche dirigée horizontalement, très-petite, cornée, un peu déprimée, complètement rétractile dans le prothorax et invaginée dans un repli de la peau, lequel, membraneux à sa partie supérieure et subcorné sur les côtés, cache les parties inférieures de la bouche.

Un ocelle de chaque côté, assez gros, arrondi, situé latéralement.

Antennes insérées à l'angle antérieur de la plaque sus-céphalique, dirigées en avant, courtes, formées de trois articles, dont le terminal petit et peu saillant au-dessus du second.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct; son bord antérieur formant la partie la plus élevée de la bouche.

Lèvre supérieure nulle.

Mandibules dirigées en avant, falciformes, opposées par leurs extrémités, croisées au repos, simples et tranchantes.

Mâchoires formées d'une pièce basilaire épaisse, cylindrique, présentant à son extrémité un lobe articulé, grêle, palpiforme, formé de deux pièces; d'un palpe maxillaire de trois articles, dont

le premier est gros, cylindrique, le deuxième très-court, placé comme un anneau à l'extrémité du premier, le troisième petit et beaucoup plus grêle que les deux autres.

Lèvre inférieure formée d'un menton étroit, allongé, charnu; de pièces palpigères épaisses, cylindriques, complètement séparées l'une de l'autre et semblables à un article de palpe; de palpes labiaux bi-articulés, à articles petits et courts, avec le dernier terminé en alène.

Thorax composé de segments ordinairement semblables en dessus à ceux de l'abdomen ; pattes de médiocre longueur, formées d'une hanche cylindrique, appliquée contre le corps et dirigée obliquement en arrière et en dedans; de trochanters courts et soudés aux cuisses qui sont assez longues; de jambes assez courtes, munies de soies ; enfin d'un tarse représenté par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, protégés en dessus chacun par un écusson corné, et en dessous par trois plaques cornées juxta-posées ; anus un peu saillant, servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, situées sur le mésothorax et les huit premiers segments abdominaux, sur les écussons latéraux de la face inférieure.

Après avoir exposé ces caractères (Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 90), Erichson fait ressortir les particularités de ces larves, consistant dans la grande rétractilité de la tête, la largeur des segments thoraciques et la saillie du prothorax en avant.

Dans une note placée à la suite, Erichson donne une courte description de deux larves remarquables de Java, dont l'une avait déjà été décrite par Perty (Obs. nonnul. in Col. Indiæ orient. p. 43, Pl. I, fig. 8-9), qui la regardait comme appartenant à un Malacoderme ou un Silphale. M. Westwood, (Introd. to the mod. class. t. I, p. 254, fig. 27, 1 et 28, 1). a aussi décrit ces deux larves, et émet l'opinion qu'elles se rapportent au genre *Lycus*. Erichson pense que ce sont des larves de Lampyrides. Elles présentent une disposition exceptionnelle des stigmates ; il y en a dix paires, dont neuf situées normalement; la dixième se trouve sur le métathorax.

Lampyris. L.

Les auteurs cités ci-après ont parlé des larves des *Lampyris* en général :

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. IX, p. 98.

N... Ann. des sc. nat. 1re sér. t. VII, 1826, p. 353.

Erichson, Wiegm. Arch. 1841, I, p. 90.

L. noctiluca. L.

De Geer, Mém. présentés à l'Acad. des sc. de Paris, t. II, p. 261; et Mém, t. IV, Mém. II, p. 37, Pl. I, fig. 27 et 28; description très-détaillée.

Olivier, Entomol. 1790, t. II, n° 28.

Westwood, Introd. to the mod. class. of ins., t. I, 1839, p. 250, fig. 26, 7-8.

L. italica.

De Geer, Mém. 1752, t. IV, Mém. II, p. 55, pl. XVII, fig. 11.

De Loche, Mém. de l'Acad. roy. de Turin, t. VI.

Phosphænus. Laporte.

P. hemipterus. Fabr.

J. P. W. Müller, in Illig. Magaz. für Insectenk, t. IV, 1822; histoire et description complètes.

Aspisoma. Dej.

A. candelaria. Reich.

Goureau, Ann. de la soc. entom. de Fr. t. III, 2e série, 1845, p. 345, Pl. VII, n° 2, fig. 1-6.

Drilus. Oliv.

D. mauritanicus. Lucas. (Pl. V, fig. 7).

Lucas, Explor. sc. de l'Algérie, 2e part. Artic. 1847, p. 177, fig, 9, *a-g.* et fig. 10.

Description et détails sur les mœurs; la larve vit dans la coquille du *Cyclostoma volzianum*, dont elle dévore l'animal.

D. flavescens. Fabr.

Mielzinski, Ann. des sc. nat. 1824, t. I, p. 67, Pl. 7; suivi d'une observation de Latreille, même vol. p. 78.

Desmarest, Ann. des Sc. nat. 1824, t. II, Pl. XV.

Audouin, Même vol. p. 445; anatomie de la larve.

Latreille, Règne animal de Cuvier, t. II, (édit. Brux. 1836), p. 411.

LYCIDES.

On ne connait qu'une seule larve de cette famille; signalée d'abord par Latreille, elle a été décrite plus tard par Erichson et M. Perris. Nous reproduisons la description du second de ces auteurs.

Tête dirigée en avant, très-petite, cornée, aplatie en dessus et en dessous.

Un ocelle unique de chaque côté, petit et latéral.

Antennes insérées aux angles antérieurs de la tête, saillantes, de deux articles, dont le premier très-court, le deuxième arrondi à son extrémité.

Plaque sus-céphalique formant la partie la plus avancée de la bouche, sans chaperon distinct.

Lèvre supérieure non visible.

Mandibules saillantes, grêles, presque sétacées, arquées, aiguës, articulées au bord antérieur de la plaque sus-céphalique et très-rapprochées, de sorte qu'elles ne peuvent pas dans leurs mouvements se porter l'une vers l'autre, mais seulement s'écarter.

Mâchoires libres, saillantes, articulées près de la lèvre inférieure, présentant une pièce basilaire assez courte et épaisse, cylindrique, analogue à un article de palpe; des palpes maxillaires courts, cylindriques, de trois articles; la pièce basilaire est charnue dans sa portion supérieure, et offre en cet endroit un tubercule corné représentant le lobe maxillaire.

Lèvre inférieure sans menton ni languette, consistant uniquement en deux pièces palpigères soudées à leur base et portant des palpes labiaux courts, bi-articulés.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; pattes assez courtes, formées de hanches distantes les unes des autres, courtes, obliquement dirigées en dedans et en arrière; de trochanters courts, de cuisses et de jambes plus longues, et de tarses formés d'ongles uniques, simples.

Segments abdominaux au nombre de neuf, recouverts en dessus chacun d'un écusson corné, en dessous de trois taches cornées; présentant latéralement des renflements saillants, cylindriques, de

même nature; le dernier entièrement corné, très-saillant en arrière, muni de deux pointes recourbées l'une vers l'autre; anus conique, saillant, servant à la progression

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, situées en avant des prolongements coniques sur les bourrelets latéraux; la neuvième placée inférieurement sur les côtés du bord antérieur du mésothorax.

Erichson fait remarquer les analogies qui rapprochent cette larve de celles des *Lampyris*, quoique cependant des caractères d'une haute importance l'en séparent et justifient la distinction des deux familles. Cettte larve, que l'on rencontre sous les écorces, quelquefois courant sur le sol, est linéaire, aplatie, noire, avec le dernier anneau rouge; elle se nourrit comme les Lampyrides et les Mélyrides, de mollusques ou de larves.

Lycus. Fabr.

L. sanguineus. Fabr. (Pl. V, fig. 8).

Latreille, Règne anim. de Cuv. Brux. 3e édit. t. II, p. 409.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1841, I, p. 93.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1846. t. IV, p. 343, Pl. IX, fig. 5.

Dans les Archives de Wiegman (1847, I, p. 279) Erichson a décrit une larve de l'intérieur de l'Afrique ressemblant beaucoup à celle des *Lycus*, mais s'en distinguant par un appendice spécial à la face inférieure de l'extrémité de l'abdomen.

TÉLÉPHORIDES.

Tête cornée, aplatie en dessus et en dessous, à bouche dirigée en avant.

Un ocelle de chaque côté de la tête, assez gros, transversalement elliptique, situé immédiatement derrière l'insertion des antennes.

Antennes articulées sur les côtés de la tête, immédiatement derrière les mandibules, de trois articles: le terminal petit, aciculé, un peu courbé; le deuxième présentant à son extrémité un petit article appendiculaire placé près du précédent.

Plaque sus-céphalique sans chaperon distinct.

Lèvre supérieure nulle.

Mandibules longues, fortes, falciformes, munies d'une dent robuste dans leur milieu.

Mâchoires articulées près de la languette, dans une échancrure semi-circulaire de la plaque sous-céphalique; formées d'une pièce basilaire bien développée; d'un lobe simple articulé; de palpes maxillaires de trois articles dont le premier grand et épais, le deuxième très-petit quelquefois complètement retiré dans le précédent, le troisième grêle et aciculé.

Lèvre inférieure formée d'un menton charnu en carré long; de pièces palpigères membraneuses, courtes, soudées à leur base; de palpes labiaux de deux articles dont le premier assez gros, épais, cylindrique, le deuxième petit, grêle, aciculé.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; pattes médiocres, formées de hanches distantes l'une de l'autre, dirigées obliquement en arrière et en dedans; de trochanters courts; de cuisses et de jambes plus longues; d'un tarse très-court, terminé par un ongle simple assez allongé.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus, recouverts d'une peau coriacée; le dernier présentant en dessous un appendice en forme de cupule.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, la neuvième à la face ventrale dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax.

Ces caractères, donnés en 1841 dans les Archives de Wiegm., p. 94, par Erichson, ne s'appliquent qu'aux larves du genre *Telephorus*. Elles sont remarquables par le duvet velouté qui les recouvre entièrement et ne laisse à nu que la moitié antérieure de la tête. Elles ont des analogies prononcées avec les larves des Lampyrides et des Lycides, par la présence d'un seul ocelle, l'absence du chaperon et de la lèvre supérieure, tandis que par leurs mandibules dentées et propres à déchirer une proie, elles forment le passage avec les larves des Clérides.

Telephorus. Schæf.

De Geer, Mém. 1752, t. IV, Mém. II, p. 65, pl. II, fig. 5-9; quelques généralités sur les larves.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. IX, p. 104.

Audouin et Brullé, Hist. nat. des Ins. t. VI, 1837, Coléopt. III, p. 174, pl. X, fig. 3, *a*.

T. rufus. L. (Pl. V, fig. 9).

Waterhouse, Trans. of the entom. Soc. of London, vol. I, 1836, p. 31, pl. III, fig. 3.

T. fuscus. L.

Blanchard, in Guérin-Ménev. Magaz. de Zool. 6e ann. 1re sér. 1836, pl. 168, fig. 3-4.

Westwood, Intr. to the mod. class. of Ins. t. I, p. 256, fig. 27 (16-19).

T. lividus. Fabr.

Blanchard, Loc. cit. fig. 1-2.

Malthinus. Latr.

M. biguttatus. Payk.

Hammerschmidt, De Insect. agricult. damnosis, 1832.

MELYRIDES.

Parmi les descriptions données par différents auteurs de quelques larves de cette famille, celle du *Malachius œneus*, faite par M. Perris, nous a semblé la plus complète. Nous lui empruntons les caractères suivants, qui se rapportent aux organes céphaliques de la larve, et nous les plaçons, comme type, en tête de la famille.

« Tête déprimée, carrée, à peine plus longue que large, cornée, ferrugineuse, finement et irrégulièrement ponctuée, marquée de deux sillons peu apparents, formant un V, et de plusieurs fossettes longitudinales; épistôme transversalement linéaire; labre en ellipse, transversal et velu; ces deux organes d'un ferrugineux pâle; mandibules fortes, ferrugineuses à la base, noires à l'extrémité, munies de deux dents assez fortes, disposées non sur une même ligne, mais de manière à former une sorte de triangle avec la dent apicale; mâchoires assez fortes; lobe court, surmonté de petites soies; palpes maxillaires un peu arqués en dedans, assez longs et de trois articles, dont le premier est le plus petit et le deuxième le plus grand; lèvre un peu arrondie antérieurement; palpes labiaux de deux articles égaux. Antennes de quatre articles: le premier en cône

tronqué, le deuxième plus long que le précédent, et un peu plus épais à l'extrémité qu'à la base ; le troisième de la longueur du premier, à peu près cylindrique et surmonté de deux longs poils ; le quatrième plus court et beaucoup plus délié que les autres, terminé par un long poil et accompagné d'un autre article de moitié plus petit que lui et conique. Le deuxième article est susceptible de rentrer dans le premier, et tous les deux, ainsi emboités, peuvent disparaître dans la tête, de sorte que, dans le repos ou après sa mort, la larve ne laisse voir que les deux derniers articles. »

Malachius. Fabr.

M. æneus. Fabr.

Hammerschmidt, De Insect. agric. damnosis, Viennæ, 1832 ; la figure sans description.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. X, 2e ser. 1852, p. 591, pl. XV, n° 1, fig. 1-8.

Dasytes. Fabr.

D. serricornis. Parreys. (Pl. VI, fig. 1).

Isis, 1834, p. 716.

Waterhouse, The entom. Magaz. vol. II, p. 375, pl. X, fig. 1-2, 1835 ; M. Westwood a reproduit la figure dans son Introd. to the mod. class. of Ins. t. I, fig. 28 (22, 25).

Byturus. Fabr.

B. tomentosus. Fabr.

Hammerschmidt, De Ins. agric. damn. Viennæ, 1832, tab. III ; la figure sans description.

Bouché, Naturg. der Insekt. p. 189, n° 15, 1834.

Westwood, Introd. to the mod. class. of Ins. 1838, fig. 11, 4. (*B. fumatus*).

CLÉRIDES.

Les larves de cette famille, dont quelques-unes sont connues depuis longtemps, présentent les caractères suivants :

Tête cornée, plane en dessus, très-légèrement convexe en dessous, à bouche dirigée en avant.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, arrondis, disposés en deux séries transversales très-rapprochées : l'antérieure de trois, la postérieure de deux.

Antennes insérées immédiatement au-dessus de l'articulation des mandibules sous un prolongement de la plaque sus-céphalique, formées de deux articles raccourcis.

Chaperon étroit, parcheminé.

Lèvre supérieure dirigée en avant, transversale, échancrée sur son bord antérieur.

Mandibules courtes, mais fortes et tranchantes, simples, falciformes à leur extrémité.

Mâchoires très-rapprochées de la lèvre inférieure, courtes, sans pièce cardinale distincte, mais formées par un corps en grande partie charnu, un lobe maxillaire continu également charnu, et un palpe court de trois articles.

Lèvre inférieure présentant un menton quadrangulaire, charnu; deux pièces palpigères charnues, soudées et subcornées à leur base; deux palpes labiaux bi-articulés, et un petit rudiment charnu représentant la languette.

Thorax composé de segments dissemblables; le prothorax présentant en dessus un écusson et en dessous une petite plaque longitudinale, cornés; les deux segments suivants présentant en dessus chacun deux plaques de même nature; pattes de médiocre longueur, formées de hanches courtes, dirigées en dehors; de trochanters raccourcis et soudés à la cuisse; de cuisses et de jambes plus longues; et d'un tarse représenté par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, complètement charnus, sauf le dernier qui présente en dessus un écusson corné, armé de deux pointes; anus saillant, de forme conique et servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit situées latéralement sur les huit premiers segments abdominaux, la neuvième sur la face inférieure, latérale et antérieure du mésothorax.

Nous avons déjà signalé, d'après Erichson, auquel nous avons emprunté les caractères ci-dessus, les analogies étroites qui unissent les Téléphorides et les Clérides, analogies que viendront encore confirmer, sans aucun doute, les nouvelles découvertes que l'on fera dans la famille des Mélyrides.

Plusieurs de ces larves vivent en parasites dans les nids de quel-

ques espèces d'Hyménoptères. D'autres se trouvent sous les écorces, où elles dévorent probablement les larves xylophages. Leur couleur est rosée ou brunâtre et leur corps est hérissé de poils longs et fins.

Clerus. Fabr.

M. Spinola, dans sa Monographie des Clérites (p. 55), entre dans de longues considérations sur les mœurs présumées de ces larves, mœurs qu'ils déduit de leur organisation.

C. alvearius. Fabr.

Schæffer, Abhandl. über die Maüerbiene, 1764, pl. V, fig. VI.

Réaumur, Mém. t. IV, Mém. III, pl. VIII, fig. 9.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des ins. 1802-1805, t. IX, p. 151.

Westwood, Introd. to the mod. class. t. I, 1839, p. 265, fig. 29 (9-11); cette larve que figure M. Westwood a été trouvée par lui dans le nid de la *Megachile muraria*.

C. apiarius. L.

Swammerdam, Biblia naturæ, tab. XXVI, fig. 5.

Herbst, Naturg. 1792, t. IV, p. 158; très-courte description.

Sturm, Deutschl. Insekt. t. XI, p. 25, 1837.

C. formicarius. Fabr.

Ratzeburg, Die Forstins. 1839, 2e édit. t. I, p. 55, pl. I, fig. 7.

Erichson, Arch. für die Naturg. 1841, I, p. 96.

Spinola, Essai monog. sur les Clérites, 1844, p. 49; reproduction de la description d'Erichson.

C. Buquetii. Lefebvr.

Lefebvre, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. IV, 1re sér. 1835, p. 577, pl. XVI, fig. 1, A-B; la figure représente une larve desséchée et déformée.

Opilo. Latr.

O. mollis. L.

Waterhouse, Trans. of the entom. Soc. of Lond. t. I, 1836, p. 30.

O. domesticus. Sturm. (Pl. VI, fig. 2).

Nous avons comparé les larves des deux espèces européennes d'*Opilo;* elles sont complètement semblables pour la forme géné-

rale et l'organisation céphalique ; les couleurs seulement présentent quelques différences :

L'*Opilo mollis* a 18 millimètres de longueur ; son corps est d'un blanc jaunâtre, chaque arceau dorsal présentant quatre taches inégales, à contours irréguliers, d'un rouge vif ; la tête, les pointes terminales, la plus grande partie des segments prothoracique et terminal sont d'un brun foncé, assez brillant ; cette larve est recouverte de longs poils hérissés d'un jaune doré.

Celle de l'*Opilo domesticus* mesure seulement 14 millimètres ; sa couleur générale est d'un violet terne, plus ou moins obscur ; la tête, le prothorax, l'extrémité du dernier segment abdominal sont d'un brun rougeâtre ; les deux derniers segments thoraciques et les six premiers abdominaux présentent, comme dans l'*Opilo mollis*, quatre taches d'un rouge vif ; le segment terminal est conique, muni de deux cornes cylindriques, striées transversalement et terminées par une petite pointe aiguë, droite, dirigée vers la région dorsale. Tout le corps est recouvert de longs poils hérissés, roussâtres et brillants, plus nombreux que dans l'*Opilo mollis* ; ces poils sont courts et blanchâtres à la face ventrale.

Nous avons trouvé la larve de la première espèce dans un tronc d'arbre, creusé de nombreuses galeries par différentes espèces d'*Anobium* ; celle de l'*Opilo domesticus* dans les tiges d'osier desséchées d'un panier abandonné dans un grenier. Elles vivaient en compagnie de larves de la *Gracilia pygmœa*, dont probablement elles se nourrissaient, comme l'*Opilo mollis* des larves d'*Anobium*. Ces larves, que nous avions découvertes au printemps, se changèrent en nymphes dans le courant de l'été, et ce ne fut que deux ou trois mois après que sortirent les insectes parfaits.

Tillus. Fabr.

T. unifasciatus. Latr.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1847, t. V, 2e sér. p. 32, pl. I, n° 2, fig. 6-11.

Corynetes. Payk.

C. ruficollis. F.

Heeger, Isis, 1848, p. 974, pl. VIII.

PTINIORES.

Tête arrondie, à bouche dirigée en bas.

Ocelles nuls.

Antennes courtes, insérées immédiatement au-dessus des mandibules.

Plaque sus-céphalique dirigée en avant, présentant un chaperon distinct, étroit, et fermant l'espace qui sépare les mandibules.

Lèvre supérieure de la largeur du chaperon, atteignant presque l'extrémité des mandibules; celles-ci courtes et larges, très-dures, obtusément dentées, présentant deux larges surfaces à leur côté interne.

Mâchoires charnues, munies d'un lobe continu, cilié sur son bord interne; palpes maxillaires courts, de trois articles.

Lèvre inférieure présentant un grand menton charnu; une languette de même nature, semi-circulaire; des pièces palpigères à peine visibles, séparées l'une de l'autre; des palpes labiaux courts, de deux articles.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; pattes courtes, charnues, formées d'une hanche peu allongée; d'un trochanter et d'une cuisse un peu plus longs; d'une jambe épineuse plus courte; enfin d'un tarse consistant en un ongle simple, corné.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus; le dernier simple, présentant à sa face inférieure l'anus sous forme d'une fente longitudinale.

Stigmates au nombre de neuf paires placées sur les côtés de la région dorsale : huit sur les huit premiers segments abdominaux, la neuvième dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax.

Les caractères ci-dessus ont été formulés par Erichson (Archiv. de Wiegman, 1841, I, p. 98) pour les vrais Ptiniores, c'est-à-dire pour les genres *Ptinus*, *Anobium* et *Dorcatoma*. Dans le genre *Apate* on trouve une tête charnue; l'extrémité des mandibules seule est cornée; les antennes sont un peu plus longues, et le corps extrêmement court; les *Lymexylon* et les *Hylœcetus*, au contraire, se distinguent par leur forme allongée.

Les larves des Ptiniores ont une analogie évidente avec celles de plusieurs familles voisines. Par leur forme arquée elles rappellent les larves des Lamellicornes, dont elles se distingent facilement par

la brièveté des antennes et la position de la première paire de stigmates. La présence des pattes empêcherait de les confondre avec des larves plus voisines encore, celles des Xylophages, s'il était bien reconnu que ces dernières n'en ont jamais ; quant à celles des Curculionides, on devra chercher un autre caractère distinctif que la présence des pattes, car on connaît actuellement plusieurs larves de cette famille où ces organes sont bien développés.

Ptinus. L.

P. fur. L.

Gœdart, Métam. natur. 1700, trad. franç. t. II, p. 172, exp. 41.

De Geer, Mém. 1752, t. IV, Mém. V, p. 234, pl. IX, fig. 1-3; longue description.

Meineckens, Natürforsch. t. III, p. 55, 1774.

Gœze, Natürforsch. t. VIII, p. 62, pl. II.

Meineckens, in Fuessly Magaz. für die Liebhab. der Entom. t. II, p. 126.

Latreille, Hist. natur. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. IX, p. 164.

Audouin, Ann. de la Soc. entomol. de Fr. t. V, Bullet. p. LXII; quelques mots sur la larve.

P. imperialis. F.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 187, n° 11.

Tricorynus. Waterh.

T. Zeæ, Waterh.

Waterhouse, Proc. of the Entomol. soc. 1849, p. 68; vit dans le maïs.

Anobium. Fabr.

A. tessellatum. Fabr.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 187, n° 10.

Ratzeburg, Die Forstinsekt. t. I (édit. 1839), p. 45, pl. II, fig. 19, B.

Westwood, Int. to the mod. class. t. I, 1839, p. 271, fig. 30 (10-15).

A. nigrinum. Erichs.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 45; cet auteur ne décrit pas les larves des *Anobium molle*, *pini* et *abietis* qu'il a aussi observées, à cause de leur grande ressemblance avec les espèces précédentes.

A. striatum. Oliv.

Rouzet, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. VIII, 2e sér. 1849, p. 511, pl. IX, n° 1, fig. 7.

A. abietis. Fabr.

Rouzet, Loc. cit. p. 508, pl. IX, n° 1, fig. 1-6.

Dorcatoma. Herbst.

D. dresdensis. Herbst.

Entomol. Hefte. 1803, Hefte 2, p. 96; la larve est brièvement décrite; elle vit dans le détritus de chêne.

D. bovistæ. Ent. Heft.

Entomol. Hefte, 1803, Hefte 2, p. 100; la larve vit dans le *Lycoperdon bovista.*

D. rubens. St.

Giraud, Gründl. Versamml. der Botan. Zoolog. Vereins in Wien avril 1851, p. 14.

La description que M. Giraud donne de cette espèce est beaucoup plus détaillée que celles des *D. dresdensis* et *bovistæ.* La larve ressemble pour la forme générale à celle des *Anobium*, et vit, comme ces dernières, dans le bois en décomposition; elle se construit une coque pour y subir ses métamorphoses. Sa croissance et ses transformations semblent s'opérer assez rapidement, car l'auteur dit avoir trouvé dans la même souche ligneuse et à la même époque, l'œuf, la larve, la nymphe et l'insecte parfait.

Apate. Fabr.

A. capucina. Fabr. (Pl. VI, fig. 5).

Ratzeburg, Die Forstinsekt. (édit. 1839), t. I, p. 231, pl. XIV, fig. 33.

Perris, Ann. de la Soc. Entom. de Fr. t. VIII, 2e sér. 1850, p. 555, pl. XVI, n° 5, fig. 1-8; description très-détaillée.

A. sinuata. Fabr.

Perris, Loc. cit. p. 562, même pl. fig. 12-14.

A. sexdentata. Oliv.

Perris, Loc. cit. p. 560, même pl. fig. 9-11.

A. Dufourii. Latr.

Perris, Loc. cit. p. 563.

Klingelhœffer, Entomol. Zeit. zu Stett. 1843, p. 86.

A. Franscisca. Fabr.

Lucas, Explor. de l'Algérie, 2e part. Art. 1847, p. 462, pl. XXXIX, fig. 5, *d-f;* vit dans le *Cytisus spinosus.*

A. bispinosa. Oliv.

Kollar, Mém. de l'Acad. impér. de Vienne, class. des scienc. ann. 1850; cette larve fait beaucoup de tort à la vigne dans le Tyrol.

Lymexylon. Fabr.

Ratzeburg, Die Fortinsekt. I, p. 39, 2e édit. 1839.

Sturm, Deutschl. Insekt. 1839, t. XI, p. 57.

L. Dermestoides. L.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 40, pl. II, fig. 26, B.

Sturm, Loc. cit. p. 71.

Nordlingen, Entomol. Zeit. 1848, p. 223; courte description de la larve trouvée dans le hêtre.

L. navale. L.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 41, pl. II, fig. 25, B, B'.

Sturm, Loc. cit. p. 63.

CISSIDES.

Tête arrondie, lisse, couverte de quelques poils rares; plaque sus-céphalique débordant le chaperon de chaque côté; celui-ci soudé intimement à la tête; lèvre supérieure distincte, transversale.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, dont quatre disposés en série transversale derrière l'insertion des antennes, le cinquième placé plus en arrière.

Antennes courtes, de trois articles à peu près de même longueur; le dernier terminé par une soie allongée.

Mandibules assez larges, dentées au côté interne.

Mâchoires formées d'une pièce cardinale et d'une pièce basilaire charnues; d'un lobe petit, cilié antérieurement; de palpes maxillaires de trois articles: les deux premiers courts, le troisième plus allongé.

Lèvre inférieure composée d'un menton large, charnu, for-

mant corps avec la base des mâchoires ; palpes labiaux bi-articulés.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux ; prothorax plus grand que les deux autres ; pattes courtes, charnues, droites, formées de hanches épaisses, de trochanters et de cuisses plus longues ; de jambes très-courtes, terminées par un ongle aigu.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus ; le dernier sub-coriacé, portant deux appendices spiniformes relevés et arqués.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux ; la neuvième située dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax.

Ces larves vivent dans les bolets où on les trouve en compagnie des insectes parfaits pendant une grande partie de l'année. Nous les avons fréquemment rencontrées, ce qui nous a permis de formuler les caractères qui précèdent.

Cis. Latr.

C. boleti. Fabr.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 203, n° 33, Pl. X, fig. 30.

Westwood, Introd. to the mod. class. of ins. 1839, t. I, p. 279, fig. 31 (17-20).

Mellié, Ann. de la soc. entom. de Fr. t. VI, 2e sér. 1848, p. 212, Pl. X, fig. 6-*a*.

C. Jaquemartii. Mel.

Mellié, loc. cit. pag. 339.

C. laminatus. Er.

Mellié, loc. cit. p. 319.

C. Melliei. Coq.

Coquerel, Ann. de la soc, ent. de Fr. t. VII, 2e sér. 1849. pag. 443, Pl. XIV, n° 2, fig. 2-4.

C. alni. Gyll. (Pl. VI, fig. 4).

Lucas, Expl. sc. de l'Algérie, 2e part. Art. 1847, p. 469, Pl. LX, fig. 4. (Sous le nom de *C. punctulatus.* Lucas).

Xylographus. Dej.

X. bostrichoides. Dufour.

L. Dufour, Ann. de la soc. entom. de Fr. t. VII, 2e sér. 1850, p. 551, Pl. XVI, n° 4, fig. 1-5.

Rhopalodontus. Mellié.

R. perforatus. Gyll.

Mellié, Ann. de la soc. entom. de Fr. t. VII, 2e sér. 1849, Bull. p. XL.

Ennearthron. L. Redtenb.

E. cornutum.

Mellié, Ann. de la soc. entom. de Fr. t. VII, 2e sér. 1849, Bull. p. XL.

TÉNÉBRIONIDES.

Dans la méthode d'Erichson que nous suivons, cette famille correspond, sauf un certain nombre de genres, aux Mélasomes, aux Taxicornes, aux Ténébrionites et aux Hélopiens du catalogue de Dejean. Cet habile entimologiste a été conduit à ce résultat par l'étude des larves qui, dans ces quatre groupes, sont construites d'après un plan complètement semblable. Un seul genre, celui des *Bolitophagus*, semble s'éloigner sous ce rapport des autres, et il est possible, comme le fait remarquer Erichson (Wiegm. Archiv, 1842, I, p. 366), qu'il devienne un jour le type d'une famille particulière.

Les Ténébrionides, ainsi conçus, forment un des groupes les plus considérables de l'ordre des Coléoptères; mais leur classification à l'état parfait est encore trop peu avancée pour que, dans l'exposé qui suit, nous ayons pu les diviser en tribus. A l'état de larve ils ne forment, comme on vient de le voir, que deux groupes. Nous donnerons comme type du premier la larve du *Tenebrio molitor* qui est à la fois très-commune et parfaitement décrite. Ses caractères que nous avons vérifié avec soin, ont été formulés par Erichson de la manière suivante :

Tête arrondie, cornée, convexe à sa partie supérieure, à bouche dirigée en bas.

Antennes articulées sur les côtés de la tête, immédiatement au-

dessus des mandibules, de quatre articles : le premier court, le deuxième et le troisième plus allongés, le quatrième très-petit et grêle, presque sétacé, tronqué au bout, avec une soie terminale.

Chaperon séparé de la plaque sus-céphalique par un sillon transversal, rétréci à sa partie antérieure.

Lèvre supérieure cornée, arrondie en avant.

Mandibules non saillantes, fortes, terminées par une extrémité bifurquée.

Mâchoires très-rapprochées de la lèvre inférieure, formées d'une pièce cardinale dirigée obliquement; d'une pièce basilaire terminée par un lobe inarticulé, triangulaire, cilié sur son bord interne; palpes maxillaires de trois articles : les deux premiers égaux en grosseur, le troisième petit et grêle.

Lèvre inférieure composée d'un menton allongé, charnu; de pièces palpigères libres; de deux palpes labiaux bi-articulés, et d'une petite languette, grêle, simple et charnue.

Segments thoraciques peu différents entre eux, recouverts d'écussons cornés; pattes de médiocre longueur, formées d'une hanche conique, appliquée contre le corps et dirigée obliquement en dedans; d'un trochanter assez gros, bien distinct de la cuisse; d'une cuisse et d'une jambe presque d'égale longueur; d'un tarse peu développé, simple, crochu.

Segments abdominaux au nombre de neuf, protégés en dessus et en dessous par des écussons cornés ou parcheminés, les supérieurs très-développés, les inférieurs moins larges; ces segments sont plus ou moins allongés, égaux en largeur, ce qui donne à ces larves une forme cylindrique; le segment terminal, diversement conformé, est souvent muni de deux pointes crochues à son extrémité; anus faisant saillie vers le bas, accompagné de deux appendices latéraux servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, situées vers l'angle antérieur des écussons dorsaux; la neuvième sur la partie inférieure du mésothorax, près du bord antérieur.

Ces larves sont cylindriques, un peu déprimées, et ressemblent beaucoup à celles des Elatérides dont elles se distinguent par la conformation des parties de la bouche, notamment par la soudure du lobe avec la pièce basilaire des mâchoires, leur chaperon et leur lèvre supérieure visibles. Un bon caractère se trouve encore dans la forme particulière des appendices anaux servant à la progression. Per-

sonne n'ignore qu'elles se nourrissent particulièrement de substances farineuses.

Akis. Fabr.

A. punctata. Thunb.

Mulsant, Mém. de la soc. Linnéen. de Lyon, I, 1844.

Blaps. Fab.

B. obtusa. (Pl. VI. fig. 5).

B. mortisaga. F.

Haliday, Trans. of the entom. soc. of London, II, 1838, p. 100, Pl. XI, fig. 1 *a-g* ; les parties de la bouche sont figurées en détail.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 321, fig. 39-11.

B. fatidica. Ill.

Letzner, Aüsz. aüs der Ubers. der Schlesich. Gesellsch. 1843, p. 4.

Perris, Ann. de la soc. entom. de Fr. t. X, 2e sér. 1852, p. 609, Pl. XV, fig. 20-21.

B. producta. Dej.

Perris, Loc. cit. p. 606, Pl. XV, fig. 13-18.

Opatrum. Fabr.

O. pygmæum ? Dej.

Fischer de Waldheim, Oryctogr. du gouv. de Moscou, 1830.

Crypticus. Latr.

C. glaber. L.

Bouché, Naturgesch. der Ins. 1834, p. 191, n° 19.

Pentaphyllus. Meg.

P. testaceus. Gyll.

Erichson, in Wiegm. Archiv, 1842, I, p. 366.

Diaperis. Geof.

D. boleti. L. (Pl. VI, fig. 7).

Olivier, Entomol. 1795, t. III, n° 55.

Hammerschmidt, De ins. agric. damn. 1832, Pl. I.

L. Dufour, Ann. des sc. nat. t. XX, 2e sér. 1843, p. 290, Pl. XII, B. fig. 10 et suivantes.

D. œnea. Panz.

Westwood, Intr. to the mod. class. of ins. t. I, 1839, p. 314, fig. 37 (11-19).

Uloma. Meg.

U. fagi.

Westwood, Intr. to the mod. clas. 1839, t. I, p. 319, fig. 38-20.

Hypophloeus. Fabr.

H. bicolor.

Westwood, Introd. to the mod. class. I, p. 315, fig. 38-6; l'auteur doute si la larve qu'il décrit et figure, est bien celle de l'*H bicolor*, avec lequel elle se trouvait.

Tenebrio. L.

T. molitor. L.

Frisch, Beschreib. allerl. Insekt. 1720, part. III, Pl. I.

De Geer, Mém. 1752, t. V, Mém. I, p. 35, Pl. II, fig. 6-11; description détaillée.

Olivier, Entomol. 1795, t. IV, n° 57.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des insect. 1802-1805, t. X, p. 289.

Posselt, Beitrag. zur Anat. der Insekt. 1804, p. 25, Pl. III, fig. 1-14; avec des détails anatomiques.

Sturm, Deutschl. Insekt. 1807, t. II, p. 214, pl. 46.

Westwood, Introd. to the mod. class. t. I, 1839, p. 317, fig. 38, (14-16).

T. obscurus. F.

Westwood, loc. cit. p. 318, fig. 38-17.

Helops. Fabr.

H. cæruleus. F.

Waterhouse, Trans. of the entom. soc. of Lond, I, 1836, p. 29, Pl. IV, fig. 3.

Westwood, Introd. to the mod. class. I, 1839, p. 312, fig. 36, (20-25).

Perris, Ann. des sc. nat. XIV, 2^{me} sér. 1840, p. 81, Pl. III, A, fig. 1-5.

H. lanipes. F.

Blanchard, in Guérin-Ménev. Mag. de zool. 6^{e} année, 1837, Pl. 175, fig. 1-2.

H. ater. (Pl. VI, fig. 7).

Kyber, in Germar Magaz. für Entom. 1817, II, p. 16, Pl. I, fig. 7-11; description détaillée.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 194, n° 22, Pl. IX, fig. 25.

Waterhouse, Trans. of the entom. soc. of. Lond. 1836, I, p. 27, Pl. IV, fig. I. (*Erix niger*).

Perris, Ann. des sc. nat. 1840, XIV, 2° sér. p. 83, Pl. III A fig. 7-13.

Cistela. Geof.

C. ceramboides. L.

Waterhouse, Trans. of the entom. soc. of Lond. 1836, I, p. 28, Pl. IV, fig. 2.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 310, fig. 36 (7-12).

Heeger, Isis 1848, p. 982.

Mycetochares. Latr.

M. linearis. Gyllh.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 198, n° 24.

M. axillaris. Latr.

Bouché, loc. cit. p. 197, n° 23, Pl. X, fig. I.

M. scapularis. Gyll.

Waterhouse, Trans. of the entom. soc. of Lond. 1836. I, p. 29, Pl. V, fig. 3.

Bolitophagus. Illig.

B. agaricola. Fabr.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 191, n° 20, Tab. IX, fig. 7.

Westwood, Intr. to the mod. classif. of Ins. 1839, t. I, p. 315, fig. 38 (4).

L. Dufour, Ann. des sc. nat. 2° sér. t. XX, 1843, p. 284, pl. 12, fig. 1 et suiv.; sous le nom de *Eledona agaricicola.*

Erichson, in Wiegmanns Archiv, 1842, I, p. 365.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, ces larves s'éloignent par quelques caractères des précédentes et semblent former un type distinct. Elles demandent un nouvel examen, car en comparant ce qu'en disent M. L. Dufour et Erichson, nous trouvons entre ces deux auteurs quelques différences assez notables, qui nous empêchent de donner une analyse de leurs descriptions, en l'absence d'observations qui nous soient propres.

MÉLANDRYADES.

Nous empruntons les caractères généraux de cette famille à Erichson, qui les a rédigés d'après les larves des *Dircœa* et des *Melandrya*, les seules qu'il connût.

Tête inclinée, arrondie, presque globuleuse, subécailleuse.

Ocelles nuls.

Antennes articulées latéralement au bord antérieur de la tête, immédiatement au-dessus des mandibules, petites, de quatre articles : le premier court et gros; le deuxième et le troisième égaux; le quatrième petit et grêle.

Chaperon distinct de la plaque sus-céphalique, corné.

Lèvre supérieure saillante, charnue, arrondie, fermant avec le chaperon l'espace qui sépare les mandibules.

Mandibules non saillantes, dures, surtout à leur extrémité.

Mâchoires très-rapprochées de la lèvre inférieure, formées d'une pièce cardinale transversale; d'une pièce basilaire terminée par un lobe continu et cilié sur son bord interne; de palpes maxillaires de trois articles, dont le premier court, le troisième un peu plus petit que le deuxième.

Lèvre inférieure formée d'un menton charnu allongé; de pièces palpigères libres, soudées entre elles; de deux palpes labiaux biarticulés, et d'une languette petite, charnue et arrondie.

Thorax formé de segments peu différents; prothorax un peu plus gros, plus élevé et d'une consistance plus ferme que les deux autres; ceux-ci semblables aux segments abdominaux; pattes médiocres, formées d'une hanche conique, dirigée en dehors; d'un trochanter court, articulé latéralement sur la pièce précédente; d'une cuisse un peu plus longue; d'une jambe très-courte, et d'un tarse simple et crochu.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus, cylindriques; anus saillant sous forme d'un tubercule simple servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux et situées sur la partie antérieure des arceaux dorsaux; la neuvième entre le prothorax et le mésothorax, sur un plan inférieur.

Dircoea. Fabr.

D. discolor. F.

La larve porte sur son dernier segment abdominal deux crochets recourbés en haut, selon Erichson, Archiv. de Wiegm. 1842, I, p. 368.

Melandrya. Fabr.

M. serrata. Fabr.

Perris, Ann. des sc. nat. t. XIV, 2e sér. 1840, p. 36, pl. III, A. fig. 14-18.

Le dernier segment abdominal est dépourvu de crochets, selon Erichson, Loc. cit.

La larve décrite sous ce nom par M. Westwood (Introd. to the mod. class. t. I, p. 304, fig. 35 (14) est très-différente; elle appartient plutôt à un *Helops*, ainsi que ce savant entomologiste en fait lui-même la remarque.

Serropalpus. Illig.

S. rufipes.

Mac-Leay, Horæ Entomol. vol. II, p. 464; sous le nom de *Xylita buprestoides.*

Westwood, Introd to the mod. class. of Ins. t. I, 1839, p. 307.

Ce dernier auteur rapporte qu'une larve à peu près semblable est décrite par M. Children dans l'ouvrage suivant qui nous est inconnu « Appendix to Captain Back's Voyage to the North Pole, 1836. »

Orchesia. Latr

O. micans. Fabr. (Pl. VI, fig. 8).

Waterhouse, Entomol. Magaz. vol. III, 1834, n° 9, p. 376, pl. X, fig. 2.

Braselman, Verhandl. der Naturforsch. Verein. der Preuss.-Rheinl. Jahrg. I, p. 17.

Nous avons pu examiner cette larve, décrite assez brièvement par les deux auteurs ci-dessus; nous en donnons les caractères avec plus de détails :

Longueur 8 millim., largeur 1 $^1/_2$.

Tête arrondie, à bouche dirigée obliquement en bas; plaque suscéphalique lisse à sa partie postérieure, ridée et granuleuse antérieurement. De son bord postérieur part une ligne médiane enfoncée, divisée vers le quart de la longueur du vertex en deux branches peu divergentes; d'abord assez profondes, elles deviennent plus superficielles, se rapprochent et se perdent dans les granulations antérieures, après avoir ainsi circonscrit un espace rhomboïdal à grand axe antéro-postérieur; le bord antérieur du vertex est à peu près droit; il présente seulement un petit prolongement au-dessus des mandibules. Chaperon rectangulaire, transversal, nettement séparé du front; labre de même forme, arrondi antérieurement et présentant à sa surface deux impressions divergentes.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté; trois plus grands, arrondis, rapprochés, et situés sur une ligne oblique immédiatement derrière l'insertion des antennes; deux autres plus petits, distants, et situés, l'un en dedans, l'autre en arrière des précédents.

Antennes formées de quatre articles très-courts, à peu près d'égale longueur et diminuant rapidement d'épaisseur; le dernier très-mince est double; sa branche interne est cylindrique, l'externe plus courte, amincie et terminée par une soie.

Mandibules médiocres, raccourcies, à pointe bifide, présentant intérieurement une surface molaire, dont les bords sont légèrement dentelés.

Mâchoires composées d'une pièce cardinale oblique de dehors en dedans et rapprochée de sa correspondante, de sorte que la lèvre inférieure se trouve cachée; d'une pièce basilaire peu développée, mais portant un lobe grand, cilié sur son bord interne et terminé par une pointe obtuse; de palpes de la longueur du lobe, composés de trois articles d'égale longueur, diminuant peu à peu d'épaisseur de la base au sommet.

Lèvre inférieure cachée entre les mâchoires, présentant un menton très-court, cintré; une languette charnue, arrondie, assez développée, et deux palpes labiaux extrêmement courts, formés de deux articles : le premier gros, le deuxième aciculé; ces palpes très-rapprochés de la ligne médiane, et insérés au point de jonction du menton avec la languette, et ne dépassant pas cette dernière en longueur, ce qui les rend presque imperceptibles.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; seulement le prothorax présente une légère teinte brunâtre, tandis

que le reste du corps est rosé ; il est plus lisse et un peu plus long que les deux autres segments ; pattes médiocres, grêles ; hanches obconiques, distantes et dirigées directement en bas et un peu en arrière ; trochanters articulés latéralement et dirigés en dehors ; cuisses courtes ; jambes plus longues, atténuées, terminées par un tarse formé d'un ongle allongé, brun.

Segments abdominaux au nombre de neuf, égaux entre eux, présentant supérieurement quelques sillons transversaux ; segment anal court, arrondi, prolongé en dessous en un tube très-court, terminé par six mamelons disposés en un cercle au centre duquel s'ouvre l'anus prolongé et servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires : la première située dans le sillon qui sépare le prothorax du mésothorax, un peu au-dessus de l'insertion des pattes ; les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux un peu au dessus du rebord latéral ; ces stigmates sont portés par de petits tubercules charnus d'autant plus saillants qu'ils se rapprochent davantage de l'extrémité postérieure ; ils ne sont bien visibles que sur la larve vivante.

Cette larve est d'un rose pâle, parfois presque complètement blanche, avec la tête d'un brun clair et les parties de la bouche d'un brun plus foncé ; le prothorax, comme nous l'avons déjà dit, offre un léger reflet brunâtre ; les ongles sont bruns. Le corps est linéaire, cylindrique et glabre.

Nous l'avons trouvée en grande quantité dans les bolets du noyer et du frêne, vers le mois de février. Au mois de mars nos exemplaires se métamorphosèrent en nymphes et apparurent au mois de mai sous leur forme définitive.

Hallomenus. Hellw.

H. fasciatus. Payk.

Fischer de Waldheim, Oryctogr. du Gouvern. de Moscou, 1830.

Westwood, Introd. to the mod. class. of Ins. 1839, t. I, p. 393, fig. 49, 8.

OEDÉMÉRIDES.

Les caractères généraux qui suivent ont été rédigés par Erichson sur plusieurs larves d'*OEdemera* et celle du *Calopus serraticornis.*

Tête assez grosse, aplatie, sub-écailleuse.

Ocelles non visibles.

Antennes articulées au bord antérieur de la tête, près des mandibules, dirigées en avant, de quatre articles : le premier court et large; le deuxième et le troisième longs; le quatrième petit, aciculé, portant une soie fine à son extrémité.

Chaperon bien distinct, corné.

Lèvre supérieure cornée, saillante, recouvrant avec le chaperon tout l'espace qui sépare les mandibules.

Mandibules saillantes, dures, dentées à l'extrémité.

Mâchoires charnues, développées, formées d'une pièce cardinale, large, transversale, rapprochée de la lèvre inférieure; d'une pièce basilaire à laquelle est soudé un lobe maxillaire finement cilié sur son bord interne; d'un palpe de trois articles : le premier long, le deuxième un peu plus court et grêle, le troisième petit, aciculé.

Lèvre inférieure charnue, composée d'un menton étroit; de deux pièces palpigères presque confondues; de deux palpes labiaux de deux articles, dont le premier très-allongé, le deuxième petit, aciculé; d'une languette étroite, presque cylindrique.

Segments thoraciques larges, charnus; pattes assez courtes, formées d'une hanche petite, dirigée en dedans et légèrement sécuriforme; d'un trochanter d'une cuisse et d'une jambe à peu près d'égale longueur; d'un tarse constitué par un petit ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf; les deuxième, troisième et quatrième munis latéralement sur leur face inférieure, de tubercules semblables à de fausses pattes et terminés par une petite pointe cornée. Anus saillant, simulant un dixième segment, en fente transversale.

Stigmates au nombre de neuf paires dont huit placées sur les huit premiers segments abdominaux; la neuvième située latéralement dans le sillon qui sépare le prothorax du mésothorax.

OEdemera. Oliv.

OE. viridissima. L.

Westwood, Introd. to the modern class. of Ins. t. I, 1839, p. 305, fig. 35 (8-11).

OE. dispar. Duf.

Dufour, Ann. de la Soc. entomol. de Fr. t. X, 1re sér. 1841, p. 5, pl. V, n° I, fig. 1-8.

Œ. seladonia. Meg.

Dufour, Loc. cit. pl. I, fig. 1.

Nacerdes. Stev.

N. maritima. Coquer.

Coquerel, Ann. de la Soc. entomol. de Fr. t. VI, 2e sér. 1848, p. 179, pl. VII, n° 4, fig. 1, *a*, *b*, *c*; très-courte description.

Calopus. Fabr.

C. serraticornis. Fabr.

Gyllenhal, Nova acta Upsal. t. VI, et Insect. Suec. t. II, p. 513.
Erichson, Archiv. de Wiegm. 1842, I, p. 368; note.

Ditylus. Fisch.

D. lævis. Fabr. (Pl. VII, fig. 1).

Kolenati, Bullet. de la Soc. impér. des natur. de Moscou, t. XX, n° 1, 1847, p. 137, pl. IV; description complète et figures très-détaillées.

LAGRIAIRES.

On ne connaît jusqu'ici dans cette famille que les larves du genre *Lagria;* selon Erichson elles présentent les caractères suivants :

Tête inclinée, cornée, arrondie, légèrement convexe en dessus, aplatie en dessous.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, dont trois situés sur une ligne transversale immédiatement derrière les antennes, les deux autres correspondant aux deux externes de la série antérieure.

Antennes articulées sur les côtés de la tête, de trois articles : le premier court, le deuxième long, le troisième petit, caché dans l'extrémité renflée du précédent.

Chaperon bien distinct, coriacé.

Lèvre supérieure saillante, parcheminée, fermant avec le menton l'espace qui sépare les mandibules.

Mandibules cornées, fortes, arquées, dentées de l'extrémité à la base.

Mâchoires formées d'une pièce cardinale triangulaire; d'une pièce basilaire portant un lobe assez grand, cilié sur son bord interne et

un palpe maxillaire de trois articles : le premier et le deuxième de même longueur, le troisième un peu plus long et plus grêle.

Lèvre inférieure parcheminée, formée d'un menton carré peu développé; de pièces palpigères courtes; de palpes labiaux petits et peu développés; d'une languette semi-lunaire.

Thorax composé de segments semblables à ceux de l'abdomen; pattes courtes, formées d'une hanche cylindrique, transversale, et dirigée vers sa correspondante; d'un trochanter court, soudé à la cuisse; celle-ci ainsi que la jambe plus longues; enfin d'un tarse très-petit, consistant en un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, transversalement convexes en dessus, planes en dessous, tous protégés par des écussons dorsaux coriacés ou sub-écailleux, métalliques ou obscurément colorés, s'avançant sur les parties latérales du corps; point de prolongement anal servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux; le neuvième sur le côté inférieur du mésothorax.

Erichson, outre les caractères indiqués ci-dessus, signale le peu de conformité qui existe entre ces larves et celles des autres Hétéromères, tandis qu'elles présentent une certaine analogie avec les larves des Silphales, dont elles diffèrent cependant par leurs pattes plus courtes et leurs antennes plus longues.

Lagria. Fabr.

L. hirta. L. (Pl. VII, fig. 2).

Lyonnet, Mém. posth. p. 112, pl. X, fig. 17-31.

Westwood, Introd. to the mod. class. of Ins. t. I, 1839, p. 290, fig. 32, 25.

L. grandis. Sch.

Erichson in Wiegm. Archiv. 1842, I, p. 369.

PYROCHROIDES.

Les larves de cette famille sont du nombre des plus singulières qui existent dans l'ordre des Coléoptères. Leurs caractères généraux ont été très-exactement formulés par Erichson de la manière suivante :

Tête aplatie, à bouche dirigée horizontalement en avant.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté.

Antennes articulées sur les côtés de la tête, assez allongées, de trois articles diminuant graduellement de grosseur.

Chaperon non distinct.

Lèvre supérieure visible, cornée.

Mandibules fortes, recourbées, présentant plusieurs dents obtuses à leur extrémité.

Mâchoires très-rapprochées du menton, formées d'une pièce cardinale, courte, large et transversale; d'une pièce basilaire présentant à son extrémité un lobe un peu élargi et muni à son angle interne de petites épines crochues; enfin de palpes maxillaires assez longs, tri-articulés.

Lèvre inférieure présentant un menton étroit, allongé; des pièces palpigères divergentes, soudées à leur base; des palpes labiaux courts, bi-articulés; une languette simple et dépassant les palpes en longueur.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux; pattes assez courtes, dirigées en dehors, articulées sur les côtés du corps, formées d'une hanche très-courte, tuberculiforme; d'un trochanter court et soudé à la cuisse; celle-ci et la jambe d'égale longueur; enfin d'un tarse terminé par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, déprimés, protégés par des écussons cornés ou parcheminés, larges en dessus, plus étroits en dessous; l'écusson dorsal du dernier segment portant deux longues cornes dirigées en arrière; l'arceau ventral du même segment muni à sa base d'une série de petites dents; l'anus sous forme d'une fente transversale ne sert pas à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit situées sur les huit premiers segments abdominaux, au bord inférieur des écussons dorsaux; la neuvième dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax.

Dans une note qui suit l'exposé de ces caractères, Erichson établit un court parallèle entre les larves des genres *Pytho* et *Pyrochroa* dont la plus grande différence consiste dans la disposition de la tête; car tandis qu'elle est à moitié enfoncée dans le prothorax chez les première, elle est tout-à-fait libre dans les secondes.

Ces larves ont une physionomie spéciale, extrêmement remarquable; leur épaisseur dépasse à peine celle d'une carte à jouer.

Elles vivent sous les écorces de presque toutes les espèces d'arbres et accomplissent leurs métamorphoses en deux ou trois ans.

Pytho. Latr.

P. depressus. Gyll.

De Geer, Mém. 1752, t. V, pl. II, fig. 15-20.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. t. X, 1805, p. 329.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 192, n° 21, t. IX, fig. 13.

Westwood, Introd. to the mod. class. t. I, 1839, p. 289, fig. 32 (16-17).

Pyrochroa. Geoff.

P. coccinea. L. (Pl. VII, fig. 5).

Ahrens in Silbermann, Revue entom. t. I, 1833, p. 247, pl. XIV, fig. 1-9.

L. Dufour, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. XIII, 2e sér. 1840, p. 322, pl. V, fig. 1 et suiv.

P. rubens. Fabr.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 288, fig. 32 (11-12); description assez détaillée.

P. pectinicornis. L. (Pl. VII, fig. 4).

Cette larve que nous avons trouvée, à plusieurs reprises, en compagnie de celle de la *P. coccinea*, s'en éloigne par plusieurs caractères; aussi croyons-nous devoir en donner une description détaillée.

Longueur 18 millim., largeur 2 $^1/_2$ millim.

La tête est en tout semblable à celle de la *P. coccinea.*

Le prothorax est un peu plus étroit et plus régulièrement quadrangulaire; le mésothorax ne présente pas cet étranglement à sa partie antérieure qui existe dans l'espèce en question; il a dans ce point la même largeur que la partie correspondante du premier segment. Le huitième segment abdominal est aussi moins grand, ayant tout au plus la longueur des deux précédents réunis, tandis que dans l'autre espèce il égale l'ensemble des trois segments qui se trouvent avant lui. C'est surtout dans le dernier segment que réside la différence la plus saillante; ainsi le bord antérieur de la plaque dorsale de ce segment, au lieu de présenter une concavité en avant,

est coupé à peu près carrément; les angles latéraux sont bien moins accusés et les deux prolongements postérieurs qui, dans la *Pyrochroa coccinea*, sont courts, coniques et droits, sont ici beaucoup plus longs, plus grêles, fortement arqués et à convexité tournée en dehors.

Cette larve vit également sous les écorces des arbres morts, et ses transformations ont lieu vers la même époque que celles de la *P. coccinea*, mais elle est beaucoup plus rare.

MORDELLONES.

Toutes les larves des Hétéromères dont nous avons parlé jusqu'ici, ne nous ont offert rien de bien remarquable sous le rapport de leur genre de vie; il n'en est pas de même pour la famille actuelle et la suivante. C'est parmi elles que se trouvent ces espèces qui depuis longtemps déjà, ont frappé les naturalistes par la singularité de leurs mœurs, et dont l'histoire, si l'on excepte celle des *Meloe*, est encore si obscure.

Parmi les Mordellones, les larves connues des genres *Mordella* et *Anaspis*, se creusent des galeries au cœur de quelques plantes herbacées, mode d'existence qui ne présente rien de particulier; celles des genres *Rhipiphorus*, *Symbius* et *Horia*, au contraire, vivent en parasites sur d'autres insectes, notamment sur des Hyménoptères.

La famille actuelle, malgré son homogénéité à l'état parfait, se divise donc, sous le point de vue qui nous occupe en ce moment, en deux groupes dont malheureusement les larves ne sont pas encore parfaitement connues, sauf celles des *Mordella* et des *Anaspis*. Voici, comme exemple, les caractères qu'Erichson assigne à celles du premier de ces genres :

Tête arrondie, sub-écailleuse, à bouche dirigée en bas et formée de parties cornées.

Ocelles au nombre de deux, un de chaque côté, immédiatement à côté de l'insertion des antennes.

Antennes insérées au-dessus des mandibules, formées de quatre petits articles, diminuant graduellement de grosseur.

Chaperon distinct de la plaque sus-céphalique, coriacé, transversalement quadrangulaire.

Lèvre cornée, fermant avec le chaperon l'espace qui sépare les mandibules.

Mandibules courtes, fortes, acuminées.

Mâchoires formées d'une pièce cardinale très-rapprochée de la lèvre inférieure; d'un petit lobe presque corné et continu; de palpes maxillaires tri articulés, courts et cylindriques.

Lèvre inférieure charnue, presque carrée, simple, avec un très-petit palpe bi-articulé.

Thorax composé d'un prothorax recouvert en dessus d'un écusson très-grand et très-dur, et de deux autres segments semblables à ceux de l'abbomen; pattes extrêmement courtes, coniques, dirigées obliquement en arrière, ne présentant que de faibles traces d'articulations.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus, cylindriques; le dernier rugueux et muni d'une pointe dirigée en arrière.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, sur les côtés du dos; la neuvième située sur un plan inférieur entre le prothorax et le mésothorax.

Mordella. L.

M. aculeata. L.

Erichson, in Wiegm. Archiv. 1842, I, p. 372.

M. fasciata. Fabr.

L. Dufour, Ann. des sc. nat. t. XIV, 2e sér. 1840, p. 225, Pl. XI, fig. 1-6, avec l'anatomie. Cette larve vit dans le bois mort du peuplier. Erichson pense que la planche annexée au travail de M. L. Dufour n'exprime pas avec toute l'exactitude désirable les caractères de cette larve.

M. pusilla. Gyll.

Schelling, Beitr. zur Entom. 1829, p. 96 P. 8; vit dans l'armoise. (*Artemisia vulgaris*).

Vallot, Mém. de l'Acad. de Dijon, 1829, p. 30. M. Vallot l'a trouvée dans les tiges du *Marrubium vulgare*.

Anaspis. Geof.

A. maculata. Fourcroy. (Pl. VII, fig. 5).

Perris, Ann. de la soc. entom. de Fr. t. V, 2e série, 1847, p. 29, Pl. I, n° 2, fig. 1-5.

Rhipiphorus. Fabr.

R. bimaculatus. Fab.

Farines, Ann. des sc. nat. t. VIII, 1re série, p. 244; quelques indications sur son genre de vie.

On la trouve dans les tiges de l'*Eryngium campestre.* M. Westwoodt, se fondant sur l'analogie qu'elle présente avec l'espèce suivante, émet l'idée qu'elle se nourrit, non pas de la substance de la plante, mais de quelque autre larve vivant dans le même végétal.

R. paradoxus. L.

Ramdohr, in Germar's Magaz. für entom. t. I, 1813, p. 137; sans description; il l'a trouvée dans des nids de guêpes.

Symbius. Sundev.

S. Blattarum. Sund.

Sundeval, Isis 1831; la description a été reproduite par :

Westwood, Int. to the mod. classif. t. I, 1839, p, 295, fig. 33 (20-22).

Horia. Fab.

H. maculata. Fab. Des Antilles.

Guilding, Trans. of the Linn. soc. t. XIV, p. 316, Pl. VIII, et t. XV, p. 511.

MÉLOIDES.

Comme la précédente, cette famille nous présente des larves, qui semblent différer beaucoup entre elles par le genre de vie. Nous disons semblent, car il est encore incertain si celles des *Lytta* qui sont à peine connues, ont les mêmes habitudes que les larves des *Meloe*, des *Apalus* et des *Sitaris* qu'on sait positivement être parasites.

De toutes ces larves, celles des *Meloe* sont les seules dont l'organisation et les mœurs aient été complètement décrites; l'intérêt qui s'attache à leur histoire nous engage à donner ici un résumé des observations publiées à ce sujet par M. Newport dans un excellent mémoire qu'on trouvera cité plus bas.

Meloe. Fabr.

Les larves de *Meloe* sont connues depuis longtemps; Goedart, Frisch, et De Geer les ont décrites et figurées, mais ils ne les avaient observées que dans leur très-jeune âge; cependant De Geer connaissait déjà leur parasitisme. Plus tard différents auteurs les décrivirent comme des insectes aptères, parasites, et leur donnèrent des noms en conséquence. C'est ainsi qu'elles furent désignées par Linné et Fabricius sous le nom de *Pediculus apis*, par Kirby sous celui de *Pediculus melittæ*, enfin par M. Dufour sous celui de *Triungulinus tricuspidatus*.

En effet, au sortir de l'œuf, ces larves ont à cet âge une organisation extrêmement remarquable. Voici les caractères que M. Newport assigne à celle du *Meloe cicatricosus*, qui a fait plus particulièrement l'objet de ses recherches :

Tête courte, large, déprimée, à bord antérieur arrondi; plaque sus-céphalique portant une impression triangulaire dont les branches se terminent aux points d'insertion des antennes.

Ocelles grands, ronds, saillants, noirs, situés derrière la base des antennes.

Antennes composées de cinq articles; les deux premiers assez gros, les trois suivants sétacés.

Mandibules grêles, légèrement arquées, aiguës.

Mâchoires épaisses, portant un palpe court de trois articles; le terminal un peu élargi.

Lèvre inférieure étroite, allongée, légèrement divisée sur la ligne médiane, portant de chaque côté un palpe de trois articles plus petit que celui des mâchoires.

Thorax composé de trois segments très-développés : le prothorax grand, avec son bord antérieur presque droit et ses angles postérieurs arrondis; le mésothorax et le métathorax aussi très-grands et presque quadrilatères; pattes allongées, formées d'une hanche forte, courte; d'une cuisse robuste à laquelle s'articule une jambe longue et grêle; d'un tarse formé de trois ongles distincts, acérés et recourbés à l'extrémité.

Abdomen allongé, étroit, fusiforme, composé de dix segments, chacun muni d'un poil court et gros sur le bord latéral; le segment préanal terminé par deux soies allongées; le dernier portant en dessous deux appendices servant à la progression.

Le corps de ces larves est en entier d'un jaune brillant, de forme allongée et svelte. Sa longueur au sortir de l'œuf, est à peu près d'une ligne ; leur démarche est vive ; elles peuvent grimper sur les corps les plus lisses, et dans ce but elles se servent de leurs appendices anaux au moyen desquels elles s'avancent à la manière des chenilles arpenteuses.

M. Newport les a obtenues vers la fin de mai d'œufs pondus en avril. Il les plaça dans une boîte avec des Curculionides et un *Malachius ;* toutes se jetèrent sur ce dernier et s'attachèrent à la base du thorax. Cette larve du reste paraît vivre en parasite sur plusieurs espèces d'insectes. M. Newport l'a trouvée sur la *Volucella mystacea* et sur l'*Osmia spinulosa ;* elle se tenait attachée à la partie postérieure du thorax. Kirby et M. Dufour l'ont signalée sur des *Andrena ;* Réaumur et De Geer l'avaient aussi trouvée sur des Diptères.

Quant à la manière dont ces petits animaux parviennent à s'attacher aux espèces qui doivent les nourrir, ce n'est pas, comme on le croyait autrefois, en les attendant au passage sur des fleurs, mais en se plaçant dans les galeries souterraines creusées par certains Hyménoptères fouisseurs.

M. Newport a observé également la larve plus âgée ; il l'a trouvée dans le nid de l'*Anthophora retusa* ; elle lui a paru se nourrir des dépouilles laissées par les nymphes et du pollen accumulé par l'*Anthophora* pour la nourriture de ses larves.

La larve adulte ressemble beaucoup à l'insecte parfait pour la taille et la couleur ; elle a la tête écailleuse, et le corps lisse ; sa démarche est lente ; elle vit en terre où elle subit sa métamorphose.

Voici les auteurs qui ont parlé de ces larves en général.

Goedart, Métam. nat. (trad. franc. Amst. 1700), t. II, p. 180, exp. 42 ; il donne une représentation grotesque de la larve.

Frisch, Beschreib. allerl. Insekt. Deutschl. 1720, 6e part. p. 14, Pl. VI.

Loschge, Naturforsch. 1788, t. 23.

Geoffroy, Hist. nat. des ins. 1798, t. I. p. 377 ; il a décrit sous ce nom la larve de la *Timarcha tenebricosa.*

Kirby, Monog. Ap. angl. Vol. II, p. 168, Pl. XIV, fig. 10-12 ; sous le nom de *Pediculus melittæ.*

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. t. X, p. 379, 1802-1805 ; il commente les auteurs qui ont parlé de cette larve.

S^t Fargeau et Serville, Enc. méth. Vol. X, article *Meloe*.

Nitzsch, Darstell. der Famil. und Gattung. der Thier-Insekt. in Germar, Mag. Vol. III, p. 5, 1818.

Walkenaer, Mém. pour servir à l'histoire nat. des abeilles solitaires du genre Halicte, p. 85.

Dufour, Ann. des sc. nat. 1828, Vol. XIII; sous le nom de *Triungulinus tricuspidatus*.

Latreille, Règne anim. de Cuvier, (édit. de Brux. 1836), t. III, p. 40.

Brandt et Ratzeburg, Medic. Zool. Bd II, p. 105, 1850.

Brandt et Erichson, Nova acta acad. nat. curios. Vol. XVI, Pl. I.

Doubleday, The entom. Magaz. Vol. II, p. 455.

Westwood, Introd. to the mod. class. of Ins. Vol. I, p. 302, fig. 34 (20-26).

Newport, Trans. of the Linn. Soc. of London, Vol. XX.

M. Proscarabæus. L.

Reaumur, Mém. t. IV, Mém. II, p. 490, Pl. XXXI, fig. 17; description détaillée de la jeune larve.

De Geer, Mém. t. V, Mém. I, p. 8, Pl. I, fig. 7-8.

Siebold, Entom. Zeitung, 1841, p. 150; il décrit les jeunes larves des *Meloe proscarabæus* et *scabrosus*; il cite beaucoup d'espèces de Diptères sur lesquels ces larves vivent en parasites, et soupçonne que plus tard elles habitent les nids de ces Diptères, en vivant toujours à leurs dépens.

M. cicatricosus. Leach. (Pl. VII, fig. 6).

Newport, Trans. of the Linn. soc. t. XX, 1851, p. 297, Tab. XIV, fig. 5-15.

Lytta. Fabr.

L. vesicatoria L.

Loschge, Naturforsch. t. XXIII, 1788, p. 37, fig. 1-8.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. t. X, p. 399.

Audouin, Ann. des sc. nat. 1826, IX, p. 31; il dit seulement quelques mots de la la larve de cet insecte.

Zier, in Brande's Arch. des Apothek. t. XXIX, p. 209, 1829.

Ratzeburg, Die Forstinsekt. t. I, Pl. II, fig. 27. B.

Apalus. Fabr.

A. bimaculatus. Fabr.

Géné, Ann. des sc. nat. t. XXIII, 1831, p. 138.

Sitaris. Latr

S. humeralis. Fabr.

Latreille, Règne anim. de Cuvier. t. III, p. 42. (1846, 3e édit. Brux).

Audouin, Ann. de la soc. entom. de Fr. t. IV, 1835; Bull. p. LXXVII; il dit qu'elle vit dans les nids des *Anthophora.*

Westwood, Int. to the mod. class. of Ins. 1839, t. I, p. 299, fig. 34 (5-9).

SALPINGIDES.

Une seule larve de cette famille est connue; elle a été décrite par Erichson dans les Archives de Wiegman, 1847, I, p. 287; c'est celle du *Rhinosimus roboris.* Fabr., dont nous reproduisons ici la description :

Tête assez aplatie, un peu plus étroite que le prothorax et légèrement rétrécie en avant.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, placés en arrière de l'insertion des antennes et disposés en deux séries transversales, l'antérieure formée de trois, la postérieure de deux.

Antennes insérées à l'angle antérieur de la plaque sus-céphalique, courtes, de quatre articles; le premier court et épais, les suivants diminuant graduellement de grosseur, le dernier portant à son extrémité une soie assez longue.

Chaperon non distinct de la plaque sus-céphalique.

Lèvre supérieure saillante, courte, arrondie.

Mandibules assez courtes, munies un peu en dessous de leur extrémité de deux dents obtuses; un peu renflées à leur base et présentant une surface molaire.

Mâchoires formées d'une pièce basilaire courte; d'un lobe soudé à la pièce basilaire, arrondi en dedans et hérissé de quelques soies; de palpes maxillaires de trois articles diminuant graduellement de grosseur.

Lèvre inférieure formée d'un menton peu développé, rétréci à sa base; de pièces palpigères soudées, de palpes labiaux petits, biarticulés; sans languette distincte.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux, sauf le prothorax qui est un peu plus long que les suivants, et plus distinct de ces derniers que ceux-ci ne le sont entre eux; à sa partie antérieure il reçoit un peu la tête, et en dessous il se prolonge en une plaque qui soutient cette dernière; pattes très-courtes, formées d'une hanche raccourcie, presque annulaire, d'une jambe graduellement amincie, d'un tarse petit, terminé par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf; leurs arceaux dorsaux saillants sur les côtés; segment terminal plus étroit que les autres, un peu déprimé en dessus, muni à son sommet de deux cornes courtes et larges, dont chacune se termine par deux crochets grêles et aigus: l'externe dirigé en dehors, l'interne en dedans et touchant presque son correspondant. Anus tubiforme, formant un petit appendice rétractile servant à la progression.

Stigmates petits, arrondis, au nombre de neuf paires, situées latéralement, huit sur les huit premiers segments abdominaux, la neuvième entre le prothorax et le mésothorax.

Le corps de cette larve est linéaire, semi-cylindrique et déprimé; les téguments supérieurs sont parcheminés et recouverts de quelques poils épars.

CURCULIONIDES.

Le nombre des larves de cette famille, décrites jusqu'à ce jour, est assez considérable; elles ont entre elles beaucoup d'analogie et présentent les caractères communs que voici :

Tête arrondie, cornée, à bouche dirigée en bas.

Ocelles généralement nuls, ou bien en petit nombre de chaque côté.

Antennes très-courtes, insérées au-dessous d'un petit renflement à la base des mandibules, et semblables à une petite papille terminée par une soie; exceptionnellement on y distingue deux articles.

Plaque sus-céphalique présentant un chaperon nettement séparé, coriacé, transversalement quadrangulaire.

Lèvre supérieure visible, coriacée, fermant avec le chaperon l'espace qui sépare les mandibules.

Mandibules fortes, dures, souvent obtusément dentées à leur extrémité.

Mâchoires très-rapprochées de la languette, présentant une pièce cardinale courte, une pièce basilaire munie d'un lobe soudé, recouvert de soies plus ou moins nombreuses, et un petit palpe maxillaire cylindrique ; ce palpe bi-articulé, ou tri-articulé, si l'on compte le petit article annulaire que l'on aperçoit souvent à la base.

Lèvre inférieure composée d'un gros menton charnu, à l'extrémité duquel se trouvent des pièces palpigères soudées, portant de très-petits palpes cylindriques et bi-articulés.

Segments thoraciques souvent un peu plus développés que les segments abdominaux; pattes tantôt nulles, tantôt représentées par des tubercules saillants et surmontés de soies raides, tantôt enfin plus développées.

Segments abdominaux au nombre de neuf, ordinairement plissés transversalement, diminuant souvent de dimension vers l'extrémité postérieure; anus non saillant.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit situées sur les côtés des bourrelets dorsaux des huit premiers segments abdominaux; la neuvième presque toujours placée sur le segment prothoracique.

Cet exposé, donné par Erichson dans les Archives de Wiegman 1842, I, p. 373, comprenait les caractères des larves des Curculionides et des Bostrichides ; nous avons séparé ces deux familles pour nous conformer à l'usage généralement adopté. Le célèbre entomologiste que nous venons de citer, en indiquant les analogies des larves des Curculionides avec celles des Lamellicornes et des Ptiniores, analogies portant principalement sur les parties de la bouche, donne comme caractère distinctif l'absence des pattes chez les premières ; mais ce caractère a beaucoup perdu de sa valeur depuis que l'on connaît quelques espèces dont les larves sont pourvues de ces organes. Quant aux Lamellicornes, il sera toujours facile de les distinguer à la longueur de leurs antennes; pour les Ptiniores, on ne pourrait guère indiquer que ce même caractère, ou quelques différences de détails, peu constantes peut-être, vu le petit nombre d'espèces connues.

Les larves des Curculionides ont le corps généralement recourbé et recouvert de téguments plus ou moins résistants. Une exception à cette règle existe chez les larves mineuses, par exemple, celles

des *Orchestes*, dont le corps est droit, grêle et graduellement rétréci en arrière. Généralement le segment terminal est simple; dans le genre *Calandra* il est armé d'une pointe cornée; dans la larve de la *Rhina nigra*, que M. L. Fairmaire a bien voulu nous permettre d'examiner, nous avons trouvé le segment terminal muni de deux très-petites pointes obtuses et molles. La couleur du plus grand nombre de ces larves est d'un blanc laiteux ou jaunâtre; quelques-unes sont diversement colorées, à savoir celles qui vivent sur les feuilles. Toutes se nourrissent de végétaux, dont aucune partie n'est à l'abri de leurs atteintes, et rien de plus intéressant, de plus varié que les rapports établis par la nature entre cette famille et le règne végétal; le seul genre *Brachytarsus* paraît faire exception et vivre en parasite dans un *Coccus*.

Un assez grand nombre de ces larves possèdent des rudiments de pattes; telles sont celles *Brachytarsus varius*, *Hylobius abietis*, *Pissodes notatus*, *Balaninus nucum*, etc.; d'autres n'en ont que de faibles traces, comme l'*Otiorhynchus ater*, les *Orchestes quercus* et *fagi;* quelques-unes enfin en ont de mieux développées, telles que les *Cratoparis lunatus*, *Brenthus septentrionis* et *Antliarhinus zamiæ*. Nous devons cependant faire quelques observations à l'égard de ces trois dernières espèces. La larve décrite par Thunberg comme étant celle de l'*Antliarhinus zamiæ*, a suscité quelque doute dans notre esprit quant à sa détermination; rien, en effet, dans sa description ne rappelle une larve de Curculionide. Celle décrite par M. Harris, comme appartenant au *Brenthus* indiqué plus haut, est bien la larve d'un Coléoptère, mais ses caractères sont ceux des larves d'Élatérides et non de la famille actuelle. Quant à celle du *Cratoparis*, elle présente tous les caractères des larves de la famille et ses pattes sont tout-à-fait rudimentaires, molles et à articles peu distincts.

Dans la grande majorité des cas la première paire de stigmates est située sur le prothorax; il y a cependant quelques exceptions, ces mêmes stigmates étant placés au bord antérieur du mésothorax chez l'*Apoderus coryli* (Er.), le *Phytonomus viciæ* (Perris) et la *Rhina nigra*. Dans cette dernière espèce la dernière paire de stigmates, celle du huitième segment abdominal, est, en outre, située sur un plan supérieur aux autres et dirigée directement en arrière et non latéralement.

D'après Erichson la larve du *Rhynchites betulæ* se distingue sous un autre rapport; elle ressemble aux larves mineuses des *Orchestes*,

mais elle est moins grêle et non pas atténuée en arrière ; elle possède des antennes bien visibles et trois petits ocelles de chaque côté, disposés en une série longitudinale. M. Perris a aussi cru voir un ocelle de chaque côté dans les larves des *Cionus ;* d'après ce même savant, dont les observations sont si exactes, la larve du *Phytonomus viciæ* a des antennes bi-articulées, et de chaque côté de la tête, deux ocelles. Ainsi se trouvent confirmées les conjectures d'Erichson, lorsque ce célèbre entomologiste exprimait le vœu que l'on étudiât sous ce rapport les larves des *Cionus* et des *Phytonomus*.

Les larves des Curculionides ont depuis longtemps attiré l'attention des naturalistes, par leurs mœurs intéressantes, et plus encore par les dommages considérables qu'elles causent parfois soit aux récoltes, soit aux forêts ; on peut consulter sur ce sujet les auteurs suivants :

Frisch, Beschr. von all. Ins. 1720, 3e P. p. 33, Pl. III, fig. 4 (Larves mineuses).

Réaumur, Mémoires, t. III, 1737, Mém. I. Histoire des vers mineurs.

De Geer, Mém. t. V, 1775, Mém. V, p. 203.

Meineckens, Magaz. für die Liebh. der Entom. von Füesly, 1779, II, p. 153.

Herbst, Naturg. all. bek. Ins. t. VI, 1795, p. 33.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 32.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insekt. 1837, p. 171.

Ratzeburg, Die Fortinsect, 1837, I. p. 95 ; avec le supplém.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 340.

Harris, Insect. of Massachuss. 1841, p. 54.

Tribu 1. Bruchides.

Bruchus. L.

Les espèces de ce genre sont très-nuisibles, dans leur premier âge, aux graines de plusieurs plantes légumineuses. Dans les régions tropicales, les *Gleditzia*, les *Mimosa*, les *Acacia*, les fruits de quelques palmiers, et, dans nos climats, les fèves, les lentilles, les pois surtout, sont exposés à leurs ravages. Elles apparaissent à l'état parfait, lors de la floraison de ces végétaux, et les femelles déposent leurs œufs, ordinairement isolés, dans les graines encore ten-

dres. Les œufs éclosent, et néanmoins les graines croissent avec leurs habitants, qui épargnent le germe qu'elles renferment. Les larves séjournent un temps variable, selon la chaleur de la saison, dans ces coques naturelles, et, lorsque l'époque de la première métamorphose arrive, elles creusent dans la substance féculente qui les environne une galerie jusqu'à la membrane externe de la graine. La transformation en nymphe a lieu peu de jours après et l'insecte parfait ne tarde pas à se former. Si la saison est avancée, il reste dans sa loge jusqu'au printemps suivant; dans le cas contraire, il lui suffit pour paraître au jour, de ronger la mince pellicule qui ferme à l'extérieur la galerie creusée par la larve.

B. pisi. L.

Kalm, Voyage en Amérique, t. II, p. 294.

De Geer, Mém. t. V, 1778, Mém. V, p. 280, Pl. XVI, fig. 6.

Kirby et Spence, Introd. to Entomol. 1822, t. I, p. 175.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 330.

Harris, Insect. of Massachuss. 1841, p. 55.

B. Faldermanni. Mann.

Mannerheim, in Hummel, Essais entomol. n° VI, p. 10.

B. pectinicornis. L.

Kirby et Spence, Introd. to Entomol. 1822, t. I, p. 175; cette espèce attaque, en Chine et en Barbarie, les graines d'une espèce de pois.

B. ruficornis. Germ.

Germar, Magaz. der Entomol. 1818, t. III, p. 1, Pl. I; vit dans les noix du *Bactris minor.*

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 330, fig. 40 (7).

B. curvipes. Latr.

Latreille, in Humboldt et Bompland, Observ. de Zool. entomol. tab. XVI, fig. 5.

B. pandani. Blanch.

Blanchard, Hist. des insect. 1845, t. II, p. 114, Pl. X, fig. VII.

Tribu 2. Anthribides.

Brachytarsus. Sch.

L'immense majorité des Curculionides se nourrit, comme on

sait, de substance végétale ; une exception remarquable sous ce rapport et bien digne de nouvelles recherches, nous est offerte par quelques espèces de la tribu des Anthribides. Les premiers renseignements que l'on trouve dans les auteurs sur ces larves ont été donnés par Frisch, mais ses indications sont vagues, et Latreille doit être considéré comme le premier auteur qui ait attiré sur cette question l'attention des naturalistes. Nous trouvons ces mots dans son *Histoire générale des Insectes* : « Un zélé entomologiste, qui a découvert aux environs de Paris, plusieurs rares espèces, M. Dufour, a retiré cet Anthribe (*A. scabrosus* Fabr.) d'une coque qui m'a paru être la peau d'un Coccus; cet insecte serait-il parasite? » Cette observation a été confirmée plus tard par Dalman et son frère, qui trouvèrent sur les ormes des *Coccus* renfermant des larves de l'*Anthribus variegatus*. En 1828, M. Vallot fit part de la découverte d'un fait semblable; en examinant des rameaux de la *Spiræa salicifolia*, il trouva une foule de petites coques de la grosseur d'un pois et dont quelques-unes étaient percées; c'étaient des *Coccus;* d'autres contenaient des larves qui, par la suite, se changèrent en nymphes et en insectes parfaits ; il reconnut l'*Anthribus marmoratus*. Enfin, M. Ratzeburg a donné la description de la larve et de la nymphe du *Brachytarsus varius*, trouvées en grande quantité dans des *Coccus* attachés sur un rameau de pin. Cet excellent observateur se demande si réellement la larve du Curculionide parasite se nourrit des œufs placés sous la peau de la cochenille. Dans ces derniers temps, M. Leunis a aussi publié un article sur ce sujet. Le point important de l'histoire de ces larves est connu, mais elle est bien loin d'être complète, et leurs mœurs intéressantes promettent pour l'avenir des découvertes pleines d'intérêt.

B. scabrosus. Fabr.

Frisch, Beschreib. von all. Insekt. Deutsch. 1720, P. IX, p. 36, Pl. XX et XXI.

Latreille, Hist. natur. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 37.

Vallot, Ann. des scienc. natur. 1828, t. XIII, p. 68. (*Anthribus marmoratus*).

B. varius. Fabr.

Dalman, Swedish. Trans. 1824.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, I, p. 99, tab. IV, fig. 6.

Noerdlinger, Entomol. Zeit. zu Stett. 1848, p. 230.

Alticopus. Villa. Sch.

A. Galeazzi. Villa.

Dufour, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1843, t. I, 2e sér. p. 313. (*Choragus Sheppardi* Kirby).

La larve de ce petit Curculionide habite les tiges mortes et à moitié décomposées du *Cratægus oxyacantha*. Elle creuse des galeries simples, droites ou à peine courbées, parcourant le liber des grosses branches, ou la partie ligneuse des petites ; elle place sa loge à une faible distance de la superficie de l'écorce.

Cratoparis. Dej.

C. lunatus. Fabr. Des États-Unis.

Cette larve longue de 4 à 5 lignes et assez grêle, présente les caractères suivants :

Tête assez grande, arrondie, d'un brun rougeâtre.

Plaque sus-céphalique convexe, parsemée çà et là de poils roux, présentant quelques stries longitudinales irrégulières, et entre elles, de gros points enfoncés, rugueux ; portant à sa partie antérieure un petit chaperon et une lèvre supérieure assez grande, à bord antérieur arrondi et cilié.

Antennes représentées par un petit tubercule mousse, situé en dehors des mandibules.

Ocelles nuls.

Mandibules assez fortes et légèrement arquées, planes, concaves en dedans, à bord supérieur et extrémité confondus, occupés par quatre dents assez larges.

Mâchoires à pièce cardinale courte ; pièce basilaire assez grande, disposée obliquement de dehors en dedans, recouverte, surtout en avant, de soies assez allongées ; lobe peu distinct, portant en dehors, près de son extrémité, un palpe maxillaire peu allongé, formé de deux articles.

Lèvre inférieure en partie cachée sous les mâchoires, formée d'un menton charnu, de deux pièces palpigères accolées, soudées, parallèles, simulant des articles de palpes ; palpes labiaux formés chacun d'un seul article grêle.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux ; pattes courtes, articulées sur les côtés du corps, charnues, formées

de deux ou trois articles peu distincts, garnies de quelques soies et terminées par une autre plus longue.

Segments abdominaux au nombre de neuf, divisés par des sillons transversaux peu enfoncés, recouverts en dessus et en dessous de poils courts, disposés presque en séries transversales; présentant latéralement de chaque côté deux tubercules arrondis, aussi parsemés de poils et placés l'un au dessus de l'autre.

Stigmates au nombre de neuf paires; la première située au bord antérieur du mésothorax, les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux au-dessus des tubercules latéraux supérieurs.

Cette larve, que M. Guérin-Méneville a bien voulu nous communiquer, vient de la Nouvelle-Orléans; ses mœurs sont inconnues.

Tribu 3. Attélabides.

Au printemps, dès que les bourgeons développent leurs premières feuilles, on voit apparaître sur les bouleaux, les peupliers, etc., une foule de petits Curculionides aux couleurs brillantes et dont les mœurs présentent à l'observateur un intérêt tout particulier. Un grand nombre de ces petits insectes déposent leurs œufs, tantôt sous l'épiderme des feuilles, tantôt simplement à leur surface et les y fixent par une matière visqueuse; puis ils replient ou roulent cette feuille afin de protéger les jeunes larves qui vont naître contre les intempéries de l'air. Dans ce but, la femelle pratique des solutions de continuité, variables selon les espèces, dans le limbe de la feuille, rend ses nervures plus flexibles par les entailles qu'elle y fait au moyen de ses mandibules, et enfin, par un travail de longue durée, elle construit une retraite assurée pour sa progéniture en même temps qu'elle lui prépare la nourriture qui lui convient.

L'étui qui résulte de la feuille ainsi pliée ou roulée, varie selon les espèces; tantôt il présente la forme d'un cornet, tantôt celle d'un cylindre. Ordinairement la feuille se dessèche en tout ou en partie et finit par se détacher du rameau; ce qui cause quelquefois un tort considérable aux végétaux, comme cela arrive, par exemple, pour la vigne sur laquelle habitent plusieurs espèces de cette tribu. Lorsque la larve a acquis son développement, elle pénètre en terre et bientôt se change en insecte parfait; peut-être aussi les transformations ont lieu dans la feuille, lorsque celle-ci demeure attachée à la branche. En automne on voit apparaître une nouvelle génération de ces insectes, et, parmi les individus qui la composent, il en

est qui font une nouvelle ponte; les jeunes larves qui en naissent passent l'hiver en terre, pour se montrer au printemps suivant sous la forme d'insecte parfait; les autres ne s'accouplent pas, mais restent encore quelques jours sur les feuilles, puis vont sous la mousse, les écorces, etc., chercher une retraite pour y passer l'hiver.

Quelques espèces, comme nous le verrons plus bas, présentent des mœurs un peu différentes.

Apoderus. Oliv.

A. coryli. L.

Panzer, Fauna insect. Germ. 100, 8.

Ratzeburg, Die Fortinsect. 1837, I, p. 98, Pl. IV, fig. 3, B.

Hubert, Mém. de la Soc. des scienc. phys. et d'hist. natur. de Genève, 1839, 2e Part. t. VIII.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 336, fig. 41 (3, 4).

Cette espèce roule principalement les feuilles du coudrier (*Corylus avellana* L.) et forme un cylindre long de deux centimètres environ.

Attelabus. L.

A. curculionoïdes. L.

Latreille, Hist. natur. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 67 et 82.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 336.

Hubert, Mém. de la Soc. des sc. phys. et d'hist. nat. de Genève, 1839, t. VIII, 2e P.

Gourcau, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1841, t. X, Ire sér. p. 21.

La larve se tient exclusivement sur les feuilles du chêne, dont elle forme un petit cylindre long à peine d'un centimètre.

Rhynchites. Herbst.

R. betulæ. L.

Ratzeburg, Die Fortinsect. 1837, I, p. 100, Pl. IV, B.

Hubert, Mém. de la Soc. des sc. phys. et d'hist. natur. de Genève, 1839, t. VIII, 2e P.

Debey, Beitr. z. Lebens-und Entwick. der Russelk. aus der Fam.

der Attelab. in-4°. Bonn, 1846 ; avec de nombreuses et bonnes figures.

On trouve l'insecte sur les aulnes, les charmes, les bouleaux, dont il roule les feuilles en cornet.

R. cupreus. Sch.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insect. 1837, p. 245.

Cette espèce présente un genre de vie différent ; la femelle dépose ses œufs dans les jeunes fruits des pruniers et, après la ponte, fait une entaille au support du fruit. Celui-ci est arrêté dans son développement, finit par tomber avec la jeune larve qui y est éclose et qui va subir en terre ses métamorphoses pour paraître au printemps suivant.

R. alliariæ. Payk.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1837, p. 254.

Une nouvelle modification dans les mœurs nous est offerte par cette espèce. La femelle que l'on rencontre sur différents arbres fruitiers, dépose ses œufs dans les bourgeons des rameaux ou des greffes, lorsqu'ils commencent à développer leurs premières feuilles ; puis, au moyen de ses mandibules, formant une entaille à la tige du bourgeon, elle ne l'abandonne pas qu'il ne soit renversé. Celui-ci privé des sucs végétaux, se dèsssèche, tombe, et la jeune larve va subir en terre ses transformations. C'est l'espèce la plus nuisible aux pépinières, et en général aux jeunes arbres fruitiers.

R. betuleti. Fabr.

Rozier, Cours complet d'agriculture, t. XIII, p. 27.

Walckenaer, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1836, t. V, p. 243.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1837, p. 171.

Ratzeburg, Die Fortsinsect. 1837, I, p. 101.

Hubert, Mém. de la soc. des sc. phys. et d'hist. natur. de Genève, 1839, t. VIII, 2e part.

Noerdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 231.

C'est au rapport de M. Kollar, l'espèce la plus nuisible à la vigne, dont elle roule les feuilles et détermine la chute. Walckenaer la signale aussi sur le bouleau blanc.

R. Bacchus. L.

Aldrovande, de anim. inseet. IV, 1638, p. 472.

Walckenaer, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1836, t. V, 1re sér. p. 42.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1857, p. 245.

Hubert, Mém. de la soc. des sc. phys. et d'hist. nat. de Genève, 1859, t. VIII, 2e part.

Walckenaer signale cette espèce sur la vigne et le cerisier; d'après les observations de M. Kollar, la femelle perce les jeunes fruits du pommier en différents endroits, pour y déposer ses œufs; les jeunes larves pénètrent plus ou moins profondément dans la substance du fruit et déterminent sa chute; elles vont ensuite subir en terre leurs métamorphoses pour apparaître au printemps suivant. — Cette espèce a été souvent signalée comme nuisible à la vigne; les observations de M. Kollar tendraient à faire croire qu'il y a eu erreur dans la détermination; car il est peu probable qu'une même espèce présente des mœurs diverses, selon les arbres sur lesquels elle se trouve.

R. populi. L.

Hubert, Mém. de la soc. des sc. phys. et d'hist. nat. de Genève, 1859, t. VIII, 2e part.

Cette espèce roule en cornet les feuilles de différentes espèces de peupliers.

Tribu 4. Apionides.

Apion. Herbst.

Il n'est aucun groupe de la famille des Curculionides où les formes typiques soient mieux conservées, où la distinction des espèces soit par cela même plus difficile, et cependant à l'état de larve on observe dans les mœurs des différences assez tranchées. Jusqu'à ce jour, quoique le nombre des espèces étudiées sous ce rapport soit bien restreint, on connaît parmi elles trois et même quatre genres de vie différents.

Les unes vivent dans les graines des plantes, surtout des légumineuses, y subissent leurs transformations sur la fin de l'été ou en automne, et dans certains cas y passent même l'hiver.

D'autres, et beaucoup d'espèces sont probablement dans ce cas, se trouvent sur les trèfles; l'*Apion apricans*, dont M. Guérin-Méneville a donné l'histoire, vit à l'état de larve à la base du calice des fleurons du trèfle commun, ronge la graine qui se trouve à cet endroit, et, lorsqu'elle est parvenue à son développement, perfore le légume et va se changer en nymphe entre les divers fleurons des capitules.

M. Perris a étudié les mœurs d'une espèce nouvelle, que l'on trouve à l'état de larve dans des galles de l'Ajonc nain; elle y passe l'hiver et y subit ses métamorphoses.

Enfin, dans une quatrième catégorie, se rangent les espèces dont les larves creusent des galeries sinueuses dans la moëlle de divers végétaux, s'y construisent une coque grossière, formée de petits fragments irrégulièrement assemblés, et n'en sortent qu'à l'état parfait.

Ces petites larves nourrissent plusieurs parasites; M. Perris a signalé l'*Eulophus ulicis* Perris, comme vivant sur la larve de l'*Apion ulicicola*; de son côté, M. Guérin-Méneville a découvert que l'*Apion apricans*, à l'état de larve, nourrit deux espèces de parasites : le *Calyptus macrocephalus* Nees, et le *Pteromalus pione* Walker.

A. craccæ. L.

De Geer, Mém. t. V, 1775, Mém. V, p. 258, Pl. VII, fig. 19-20; cette espèce vit dans les graines de la *Vicia cracca.* L.

A. radiolus. Kirby.

Bouché, Entomol. Zeitung, 1847, p. 164. La larve vit dans les rameaux et les tiges des Malvacées. M. Westwood (Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 537), l'a trouvée sur le houx ; dans le courant de l'été de 1850, nous l'avons découverte dans les tiges du *Tanacetum vulgare*, où la larve pour se métamorphoser, se construisit une petite coque.

A. ulicicola. Perris.

Perris, Ann. de la soc. ent. de Fr. 1840, t. IX, 1re sér., p. 89; dans des galles de l'*Ulex nanus*.

A. ulicis. Goureau.

Goureau, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1847, t. V, 2e sér. p. 245; dans les graines de l'*Ulex europæus.*

A. apricans. Herbst.

Marsham, Marckwick et Lehman, Trans. of the Lin. soc. of Lond. 1802, t. VI, p. 142, Pl. V, fig. A, D.

Guérin-Méneville, Ann. de la soc. royale et centrale d'agriculture, 1842, p. 45, Pl. V, fig. 2-3. — Ann. de la soc. entom. de Fr. 1843, t. I, 2e sér. p. 66; cette larve vit des graines du *Trifolium pratense.*

A. Sayi. Sch. Des Etats-Unis.

Harris, Insect. of Massach. 1841, p. 59. Cette espèce vit à l'état

de larve dans les graines de l'indigotier sauvage (*Baptisia tinctoria*).

A. flavipes. Stév.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. [337 ; vit sur le trèfle hollandais, ou trèfle blanc (*Dutch, or white clover*).

A. flavifemoratum. Herbst.

Westwood. Loc. cit. p. 337, ; vit sur le trèfle pourpré (*purple clover*).

Tribu 5. Brenthides.

Arrhenodes. Stev.

A. septentrionis. Herbst.

Harris, Insect. of Massach. 1841, p. 60.

Nous transcrivons ici la description de cette espèce, qui vit dans le tronc des chênes de l'Amérique septentrionale : « La larve adulte, dit M. Harris, a plus d'un pouce de longueur et à peine une ligne de largeur; elle est presque cylindrique, un peu aplatie en dessous et blanche, à l'exception du dernier segment qui est corné, d'un brun obscur, obliquement excavé postérieurement et denté sur son bord. Les segments thoraciques sont munis de pattes et l'anus sert à la progression. » Nous avons dans les généralités de la famille, exprimé nos doutes sur la détermination de cette larve.

Tribu 6. Brachydérides.

Polydrosus. Germ.

Les mœurs des larves de ce genre ne sont pas bien connues. MM. Kollar et Ratzeburg pensent qu'elles vivent en terre aux dépens des racines de divers végétaux. M. Bouché, qui a décrit dans ces derniers temps la larve d'une espèce, l'a trouvée à l'extrémité des rameaux de chêne, entre les jeunes feuilles des bourgeons qu'elle tient rapprochées les unes des autres; au temps de la métamorphose elle s'enfonce en terre et paraît au printemps suivant sous forme d'insecte parfait.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, I, p. 115.

P. oblongus. Fabr.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1837, p. 259.

P. cervinus. L.

Bouché, entom. Zeit. zu Stett. 1847, p. 165.

Tribu 7. Molytides.

Hylobius. Germ.

Les insectes de ce genre et du genre *Pissodes* sont ceux qui, à l'état de larve, causent les dommages les plus considérables à nos forêts, surtout à celles qui sont formées de conifères. Ils peuvent sous ce rapport être placés sur la même ligne que les Xylophages proprement dits. Les femelles déposent leurs œufs dans les crevasses et les gerçures des arbres, de telle sorte que les jeunes larves atteignent facilement les endroits où circulent les sucs végétaux. Elles se tiennnent sous l'écorce qui recouvre le pied de l'arbre, son collet, ou les premières racines, creusent de vastes galeries flexueuses dans la couche corticale aussi bien que dans la couche ligneuse superficielle et baignée de sucs. Lorsque l'époque de la première transformation s'approche, la larve, placée au fond de sa galerie, accumule de petits fragments de fibres pour en fermer l'entrée; l'insecte parfait, pour sortir, ronge circulairement l'écorce qui le sépare de l'extérieur.

Quant à l'époque de la ponte, elle est très-variable; pour le plus grand nombre des individus, elle a lieu au printemps; mais on trouve à diverses époques en même temps des insectes parfaits, des larves adultes et d'autres moins avancées dans leur croissance. Quoiqu'il en soit, ces insectes parcourent très probablement dans l'espace d'une année les diverses phases de leur existence.

H. abietis. Fabr.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, I, p. 106, Pl. IV, fig. 11.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1837, p. 576.

H. pales. Herbst. Des Etats-Unis.

Harris, Insect. of Massachus. 1841, p. 62.

Plinthus. Germ.

P. caliginosus. Fabr.

La larve de cette espèce que nous avons pu examiner, ne présente aucune particularité bien remarquable.

Tête assez grosse, d'un brun rougeâtre.

Chaperon très-large, mais peu allongé.

Lèvre supérieure fortement ciliée.

Mandibules assez fortes, terminées par une extrémité très-large et un peu inégale.

Lobe des mâchoires dépassant un peu le premier article du palpe; celui-ci formé de deux articles seulement.

Palpes labiaux formés chacun de deux articles, et séparés sur la ligne médiane par un petit prolongement charnu représentant la languette.

Premier segment thoracique lisse et légèrement jaunâtre à sa partie supérieure, un peu plus long que les deux autres. Pattes nulles.

Le corps de cette larve est court, légèrement rétréci en arrière, d'un blanc jaunâtre et parsemé de quelques poils fauves.

Nous l'avons trouvée dans la souche d'un pin abattu l'année précédente; elle creuse sous l'écorce des galeries assez larges et peu flexueuses; sa métamorphose a eu lieu en été. Ses mœurs sont probablement les mêmes que celles de ces espèces qui vivent aussi dans les conifères, telles que les *Hylobius* et les *Pissodes*.

Phytonomus. Sch.

Plusieurs auteurs, dont nous indiquerons plus bas les travaux, se sont déjà occupés des larves de ce genre; mais c'est à M. Perris que sont dues les recherches les plus complètes et les plus intéressantes sur leurs mœurs. Ces larves vivent à ciel ouvert sur différents végétaux, dont elles dévorent les feuilles; elles sont recouvertes, comme celles de plusieurs autres genres, d'une matière visqueuse, formant une couche mince sur leur corps entier. Cette matière, excrétée par un mamelon situé à la partie supérieure du segment terminal, s'étend de proche en proche par les mouvements de la larve. Ainsi pour la partie supérieure, la gouttelette de matière visqueuse tombée sur le onzième segment, s'étire par un mouvement vermiculaire ou péristaltique des téguments, et passe d'un arceau au suivant. Pour la face inférieure le mécanisme est plus simple encore; la larve recourbe en dessous son mamelon excréteur; la gouttelette, arrivée entre son corps et le plan de position, s'étend de la partie postérieure à la région céphalique.

Cette substance destinée à protéger la larve pendant sa croissance, lui sert encore pour fabriquer la coque où elle va subir ses métamorphoses. Cette dernière formée d'un réseau à mailles irrégulières,

ressemble, quant à son tissu, à une gaze grossière ou à du tulle. A l'époque de la métamorphose, la larve se fixe sur une feuille où à l'aisselle d'un pétiole; alors, se recourbant fortement en arrière, elle saisit avec ses mandibules une gouttelette de matière visqueuse, puis par des mouvements alternatifs de va et vient, elle forme un réseau dont elle rétrécit successivement les mailles par l'addition de nouveaux fils; au bout de vingt à vingt-quatre heures la coque est terminée. La larve, à l'abri de ses ennemis, y subit ses transformations et en peu de jours l'insecte parfait sort de sa loge.

P. rumicis. L.

De Geer, Mém. t. V, 1775, Mém. V, p. 252, pl. VII, fig. 10-16.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 74 et 187.

Lacordaire, Introd. à l'entomol. t. I, p. 105.

Goureau, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1844, 2e sér. t. II, p. 49; elle vit sur différents *Rumex* et sur le *Polygonum aviculare.*

P. plantaginis. L.

De Geer, Mém. t. V, 1775, p. 237, n° 24, Pl. VII, fig. 17-21; sur les épis du plantain.

P. murinus. Fabr.

Heeger, Isis, 1848, p. 979, Pl. VIII, fig. 1-11; sur les feuilles de *Medicago sativa.*

P. pollux. Gyll.

Boie, Entom. Zeit. 1850, p. 359; on la trouve sur le *Cucubalus behen.*

P. arundinis. Fabr.

Boie, Entomol. Zeit. 1850, p. 359; elle vit sur les feuilles du *Sium latifolium.*

P. viciæ. Gyll.

Perris, Mém. de l'Acad. des scienc. et des arts de Lyon, 1851; on la trouve sur l'*Helosciadium nodiflorum.*

Boie, Entomol. Zeit. zu Stett. 1850, p. 360.

Tribu 8. Pyllobides.

Phyllobius. Germ.

P. oblongus. L.

Nœrdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 232; cet auteur

pense que la larve forme des paquets de feuilles sur les rameaux du *Populus canadensis*.

Tribu 9. Otiorhynchides.

Otiorynchus. Germ.

O. sulcatus. Sch.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 201, n° 30, Pl. X, fig. 15-20; cette larve se nourrit des racines de diverses plantes, de *Saxifraga*, de *Trollius*, etc.; elle passe l'hiver en terre et se métamorphose au printemps.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 334, fig. 41 (9-11); elle a été trouvée au mois de décembre dans les racines d'un *Sedum*.

Westwood, Gardener's Magaz. n° 85.

O. ater. Herbst.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I, pl. 116, Pl. IV, fig. 8; d'après l'auteur, cet insecte vit sur les pins des forêts en montagnes; sa larve se trouve en terre et se nourrit probablement aux dépens des racines de ces arbres.

Tribu. 10. Erirhinides.

Lixus. Fabr.

Linné, le premier, a donné des renseignements sur la larve du *Lixus paraplecticus* que l'on trouve dans le *Phellandrium aquaticum*. De Geer a ajouté quelques observations nouvelles sur le même sujet, et de nos jours on a décrit les mœurs ou seulement signalé l'habitacle de plusieurs espèces du même genre.

Leurs mœurs sont analogues à celles du *Lixus paraplecticus*, qui dévore la moelle du *Phellandrium* et se tient dans les grosses tiges près du collet de la plante, au-dessous du niveau des eaux. Elle est placée la tête en haut, et c'est dans cette position qu'elle subit ses métamorphoses. L'insecte parfait quitte sa retraite en automne, en perçant dans la tige une ouverture ovalaire à un niveau supérieure à celui des eaux. Chaque larve est seule, mais il n'en est pas toujours ainsi; M. Perris, qui a décrit les métamorphoses du *Lixus angustatus*, dit que la même tige de Malvacée peut renfermer trois à quatre larves de cette espèce.

Le même observateur donne quelques détails sur la ponte, qui a lieu probablement de même dans toutes les espèces. La femelle perce la tige des plantes au moyen de son rostre et dispose un œuf dans l'ouverture qu'elle a pratiquée. Ces insectes affectionnent surtout les diverses espèces de la famille des Ombellifères ; quelques-uns cependant se trouvent sur d'autres plantes. Ainsi nous avons déjà vu que le *Lixus angustatus* recherche les Malvacées ; une autre espèce d'Italie sur laquelle M. Guérin-Méneville a bien voulu nous donner quelques détails, vit dans les tiges des fèves de marais et en occasionne la dessication et la perte. M. Guérin-Méneville se propose de publier un article spécial sur les mœurs de cette espèce importante au point de vue agricole.

L. paraplecticus. L.

Linné, Syst. nat. ed. 12, p. 610, n° 34.

De Geer, Mém. t. V, 1778, Mém. V, p. 227, Pl. VII, fig. 3-9.

Herbst, Naturg. all. bek. Ins. 1795, t. VI, p. 43.

Latreille, Hist. natur. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 70.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 542.

Dieckhoff, Entom. Zeit. zu Stett. 1844, p. 383 ; la larve vit aussi dans les tiges du *Sium latifolium*.

L. turbatus. Gyll.

Guérin-Méneville, Revue zoolog. t. I, 1838, p. 304 ; la larve a été trouvée dans la ciguë.

Eversman, Bull. de l'Acad. imp. de Moscou, 1843, p. 530 ; d'après cet auteur, cette espèce vivrait aussi dans l'*Angelica archangelica*.

L. juncii. Dahl.

Rosenhauer, Beitrage zur Insekten-Fauna Europ. 1847, p. 133 ; espèce du Tyrol vivant dans la *Beta cicla*.

L. bardanæ. Ziegl.

Dieckhoff, Entom. Zeit. zu Stett. 1844, p. 383 ; dans le *Rumex hydrolapathum*.

L. filiformis. Fabr.

Dieckhoff, Loc. citat.; probablement dans les tiges des *Carduus nutans* et *crispus*.

L. octolineatus. Oliv.

Passerini, Bull. des scienc. natur. 1831 ; cette espèce, qui vit en Italie, est nuisible aux choux.

L. gemellatus. Gyll.

Schmidt, Entomol. Zeit. zu Stett. 1842, p. 273, fig. 5-8; cette larve vit dans la *Cicuta virosa;* la nymphe est attaquée par une petite araignée.

L. augustatus. Fabr.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1848, t. VI, 2e sér. p. 147, Pl. VII, n° 1, fig. *a-d.*

Larinus. Schüpp.

Nous devons à l'obligeance de M. Jacquelin-Duval une larve de ce genre et quelques renseignements sur les mœurs de deux espèces. Sous leur premier état ces insectes vivent dans la partie charnue et féculente du réceptacle des fleurs composées. A l'époque de la première transformation, la larve se construit une coque brunâtre, assez résistante, et formée probablement de fibrilles végétales agglutinées par le produit d'une secrétion. Nous ignorons combien de temps durent les deux états de larve et de nymphe; quant à l'insecte parfait, il se montre pendant les mois d'août et de septembre. La ponte n'a pas été observée, mais l'analogie permet de croire que la femelle perce de son rostre la partie verte inférieure du périanthe, encore tendre, des fleurs composées et dépose ses œufs dans la substance charnue elle-même.

L. maculosus. Besser.

Cette espèce, si voisine de la suivante dont nous décrivons la la larve, vit dans le réceptacle de l'*Echinops ritro*, et se trouve aux environs de Montpellier.

L. maurus. Oliv. (Pl. VII, fig. 7).

La larve de cette espèce, longue de six à sept lignes, présente les caractères suivants :

Tête assez grosse, arrondie, brunâtre, parsemée de quelques poils roussâtres et fortement impressionnée dans son milieu.

Chaperon et lèvre supérieure étroits, transversalement quadrangulaires; la seconde, légèrement échancrée et ciliée.

Antennes représentées par un tubercule mousse, placé en dehors de l'insertion des mandibules, et qui semble bi-articulé.

Mandibules fortes, un peu arquées, obtusément bi-dentées à leur extrémité.

Mâchoires à pièce basilaire assez longue, portant un palpe de

deux articles, presque égaux en longueur, mais dont le terminal très-grêle, et un lobe continu, cilié, court, atteignant à peine la longueur du premier article du palpe.

Lèvre inférieure à menton développé, en losange irrégulier; pièces palpigères séparées par un profond sillon médian, parallèles et ressemblant à des articles de palpes; palpes labiaux de deux articles; languette très-courte et grêle.

Segments thoraciques plus grands que les segments abdominaux; prothorax plus développé, plus bombé que les deux autres, recouvert par des téguments d'apparence cornée et portant de chaque côté un gros point enfoncé; les deux autres formant des bourrelets transversaux; chaque segment séparé du suivant par un bourrelet médian elliptique, à extrémités aiguës, qui occupe en largeur la moitié de l'étendue de l'arceau; en dessous chaque segment présente de profonds sillons et des tubercules diversement configurés.

Segments abdominaux un peu rétrécis dans leur ensemble, avec les postérieurs légèrement déprimés; l'arceau dorsal des sept premiers divisé par un profond sillon qui se termine brusquement sur les parties latérales, vis-à-vis d'un gros tubercule allongé disposé obliquement, et séparé du suivant par un petit bourrelet transversal analogue à celui des segments thoraciques; les deux derniers ne présentant ni le sillon, ni le bourrelet médians. Tous ces segments, ainsi que ceux du thorax, sont recouverts de petites soies raides, nombreuses, dirigées en arrière et entremêlées, surtout postérieurement et sur les parties latérales, de longs poils jaunâtres. En dessous les segments sont simples et munis latéralement, de chaque côté, de bourrelets charnus dont les externes sont les plus marqués.

Stigmates normaux; la première paire située dans le sillon qui sépare le prothorax du mésothorax; les autres sur les huit premiers segments abdominaux, au dessus des tubercules latéraux.

Cette larve est d'un blanc jaunâtre, avec la tête brune, de forme raccourcie, à extrémités obtuses, et assez fortement courbée sur elle-même. Elle se trouve dans le réceptacle des capitules du *Buphthalmum spinosum*, aux environs de Montpellier.

Rhinocyllus. Germ.

R. latirostris Latr.

Gourcau, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1845, t. III, 2e sér. p. 77, Pl. II, n° 2, fig. 1-4.

M. le colonel Goureau, auquel la science est redevable de tant d'observations intéressantes sur les mœurs des insectes, a suivi les métamorphoses de cette espèce. Il pense que la femelle dépose ses œufs au moment où le calice commun des fleurs du *Carduus nutans*, sur lequel on trouve ce Curculionide, est ouvert et les fleurons non encore épanouis. La ponte a lieu vers le centre du réceptacle, dans le point où s'élèvent cinq à six cellules séminifères plus dures et de couleur foncée. De là les jeunes larves pénètrent dans la substance charnue du capitule, et s'y creusent une loge tout en se nourrissant. Lorsque l'époque de la transformation arrive, la larve ferme sa demeure en dégorgeant une matière noirâtre, dont elle enduit aussi les parois de sa demeure. Les insectes parfaits se montrent, comme les *Larinus*, vers la fin de l'été.

Pissodes. Germ.

Ces insectes ont les mêmes mœurs que les *Hylobius* dont nous avons parlé plus haut; ils vivent, dans leur jeune âge, sous les écorces de plusieurs espèces d'arbres, notamment de la famille des Conifères.

P. notatus. Herbst.

Ratzeburg, Entomol. Beitrag. 1834, p. 435.
Kollar, Naturg. der schaedlich. Insekt. 1837, p. 378.
Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I, p. 117, Pl. V, IB, IK.

P. strobi. Say. Des États-Unis.

Peck, Massachuss. Agricul. Repository. 1816 ; reproduit dans le Zool. Journal. t. II.
Harris, Insekt. of Massachuss. 1841, p. 64.

P. piceæ. Illig.

Heer, Observ. entomol. 1836, p. 26.
Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I, p. 121, t. V, fig. 3, B.

P. hercyniæ. Herbst.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I. p. 122, Pl. V, fig. 4.

P. pini. L

Ratzeburg, Entomol. Beitrag. 1834, p. 430.
Goureau, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1842, t. XI, 1re sér. p. 53.

Thamnophilus. Sch.

Les larves de ce genre sont peu connues ; M. Ratzeburg, qui en a observé une espèce, dit que l'accouplement a lieu en mai ; les œufs sont déposés dans les crevasses de l'écorce de divers arbres et surtout des sapins ; les jeunes larves pénètrent dans la partie ligneuse et jusque près de la moelle.

T. violaceus. L.

Ratzeburg, Entomol. Beitrag. 1834, p. 449. — Die Fortins. 1837, I. p. 102, Pl. IV, fig. 3.

Erirhinus. Sch.

E. festucæ. Herbst.

Boie, Entom. Zeit. zu Stett. 1850, p. 360.

Cette espèce vit à l'état de larve dans les tiges du *Scirpus lacustris* dont elle ronge la moelle et y subit ses métamorphoses.

Brachonyx. Sch.

B. indigena. Herbst.

Ratzeburg, Entomol. Beitrag. 1834, p. 448. — Die Fortins. 1837, I. p. 126, Pl. V, fig. 9.

Nous empruntons encore à M. Ratzeburg les détails qui suivent ; ils nous donneront une nouvelle preuve de l'inépuisable fécondité de la nature dans la diversification des types. La larve du *Brachonyx* est une larve mineuse des feuilles aciculées des Conifères. En examinant au mois de mai les nouvelles pousses de ces arbres et spécialement des pins, on trouve, comme chacun sait, ces feuilles accolées deux à deux par leurs faces internes, roulées en spirale l'une sur l'autre, et renfermées à leur base dans une gaine membraneuse. C'est à la face interne de la base d'une feuille que l'insecte dépose son œuf ; après l'éclosion, la larve creuse une galerie de quelques lignes de longueur dans le parenchyme, y subit par la suite ses transformations et l'insecte parfait sort vers la fin de l'été. On reconnaît facilement les feuilles qui recèlent ces larves, à l'arrêt qu'a subi leur développement ; les deux folioles sont moins longues, restent accolées l'une à l'autre et ne se séparent pas, comme cela a lieu dans l'état normal.

Anthonomus. Germ.

On connaît les mœurs de plusieurs espèces de ce genre, mais on a surtout étudié celles de l'*Anthonomus pomorum*, qui fait quelquefois un tort considérable aux pommiers. Ces insectes hivernent sous les feuilles, sous les écorces, et, dès les premiers jours de chaleur, quittent leurs retraites pour gagner les rameaux des arbres fruitiers. Après l'accouplement la femelle perfore de son rostre un bourgeon encore clos, mais fertile, et y dépose un œuf. Ce bourgeon ne tarde pas à s'épanouir et la jeune larve se trouve dans la fleur dont elle dévore rapidement les étamines, le pistil et l'ovaire. Lorsqu'elle est adulte, elle relie les pétales les uns aux autres et s'en forme ainsi une cellule où elle subit ses transformations ultérieures. Après un espace de trente à quarante jours l'insecte parfait s'est développé, et pour sortir il ronge une ouverture circulaire à la coque que lui avait formée la larve. Il arrive peut-être dans bon nombre de cas, que la fleur ainsi attaquée par une larve, est frappée d'un arrêt de développement ; elle ne s'épanouit pas et les pétales continuent de former par leur union une voûte au dessus de la larve. Nous avons été conduit à cette idée parce que nous n'avons trouvé aucune larve de cette espèce vivant à l'air libre, mais toujours, quelques jeunes qu'elles fussent, abritées par une coque entière formée de pétales contigus.

Les autres espèces du même genre vivent sur divers arbres, tels que l'orme dont les bourgeons sont attaqués par une espèce, le *Prunis padus*, les mérisiers, dont les noyaux pierreux servent de retraite et en même temps de nourriture à quelques autres.

A. pomorum. Sch.

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, I. p. 32, Pl. VIII.

Lyonnet, Rech. sur l'anat. etc. 1760, p. 120, Pl. XII, fig. 15-19; espèce douteuse.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 200, n° 29.

Entomol. Magaz. t. I, p. 54; auteur anonyme.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, I, p. 125, Pl. V, fig. 8.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insekt. 1837, p. 254.

Nœrdlinger, Entomol. Zeit. zu Stett. 1848, p. 231.

A. pyri. Koll.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insekt. 1837, p. 258.

A. druparum. L.

Ratzeburg, Die Fortinsect. Suppl. 1839, p. 33.

A. incurvus. Oliv.

Ratzeburg, Loc. cit.

A. pedicularius. L.

Westwood, Gardener's Magaz. 1838, p. 469.

A. ulmi. Gyll. (*A. pedicularius*?)

De Geer, Mém. t. V, 1778, Mém. V, p. 215.

Antliarhinus. Billb.

A. zamiæ. Thunb.

Thunberg, Nov. act. scient. Upsal. t. IV, p. 29.

Cet auteur a décrit de la manière suivante la larve de cette espèce bizarre, qui vit au cap de Bonne-Espérance sur le *Cycas caffra.*

« Larva habitat intra squamas ipsius strobili femini, ubi nutrimentum suum sumit, tam ex ipsis nucibus quam ex rubro carne, singulam obvelantem nucem. Alba est tota pilis albidis erectis, semiunguicularis; maxillæ brunneæ, caput, segmentum primum thoracis et anus supra brunnea, et segmentum penultimum macula brunnea notatum; in dorso et lateribus lineæ sex longitudinales è punctis parvis nigris; pedes veri sex, segmentis tribus primis inserti, spurii verruciformes, quorum ultimi duo parum majores, segmentis abdominalibus inserti. » Nous avons déjà présenté sur cette espèce quelques observations auxquelles nous n'avons rien à ajouter ici.

Balaninus. Germ.

Ces jolis insectes, si remarquables par la longueur de leur trompe, vivent sous leur première forme, tantôt dans les fruits de différents arbres, tantôt dans des excroissances formées sur les feuilles. Ils apparaissent aux mois de mai et de juin, s'accouplent, et se hâtent de rechercher les lieux propres à y déposer leurs œufs. Vers la même époque, la floraison des Amentacées de nos forêts est passée, et déjà les jeunes fruits commencent à paraître; c'est alors que la ponte de ces Curculionides a lieu. Les grandes espèces du genre, dont le *Balaninus nucum* forme le type, perforent la cupule qui revêt la base des noisettes, des glands; ils sont admirablement servis dans ce but par leur rostre, dont la grande longueur

leur permet d'arriver facilement jusqu'à la partie nutritive de ces fruits. L'amande continue de se développer et, avec elle, la jeune larve éclose qu'elle renferme. En automne, les fruits des Amentacées tombent, et, précisément à la même époque, les larves ont accompli leur croissance. Après avoir fait une ouverture parfaitement circulaire à l'enveloppe de la graine, elles vont subir en terre leurs métamorphoses. Elles paraissent s'enfoncer assez profondément pour résister aux rigueurs de l'hiver, mais on ignore leurs mœurs à partir de ce moment. L'insecte parfait ne sort qu'au printemps de l'année suivante.

Les petites espèces du même genre, que l'on a étudiées, déterminent sur les feuilles, à l'endroit des nervures, la formation de petites galles, où l'on trouve un œuf, puis bientôt une larve, qui suit dans son développement ultérieur les mêmes phases que le ver des noisettes dont nous venons de parler.

B. nucum. L.

Swammerdam, Biblia naturæ, t. II, p. 871.

Rœsel, Insect. Belustig. 1746, part. III, Pl. 67.

De Geer, Mém. t. V, 1778, Mém. V, p. 206, Pl. VI, fig. 14-16.

Herbst, Naturg. all. bek. Ins. 1795, t. VI, p. 198.

Latreille, Hist. natur. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 75.

Loudon, Arboret. britannic., p. 2028.

Penny Cyclopedia, Art. *Balaninus.*

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 199, n° 27.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I. p. 123.

B. glandium. Marsh.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I. p. 125, Pl. V, fig. 5.

B. salicivorus. Sch.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 200, n° 28; vit dans les galles du *Salix vitellina.*

B. cerasorum. Gyll.

Godard, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. VIII, 2e sér. 1850, Bull. p. LV; la larve vit dans les noyaux des fruits du *Prunus spinosa*, qu'elle perce aussi d'une ouverture arrondie pour en sortir.

Phytobius. Sch.

M. Perris a publié récemment sur les mœurs d'une larve de ce

genre une notice dont nous allons donner une courte analyse.

Ces larves vivent en plein air sur les feuilles des plantes, et sont protégées contre les influences atmosphériques par une légère couche de substance visqueuse, dont un mamelon situé à l'extrémité du segment terminal est l'organe excréteur. Le même segment porte au bord antérieur de son arceau dorsal l'ouverture anale, qui donne issue aux fèces sous la forme de petites granulations noiratres. Celles-ci, retenues par la matière gluante, se répandent sur toute la région supérieure du corps. Comme celles des *Phytonomus*, ces larves filent une coque parcheminée qui ne présente ni mailles, ni lacunes. Pour la construire, la larve se retire dans un pli de la feuille ou contre une grosse nervure, et là, se couchant sur le côté et rapprochant l'extrémité du corps de sa bouche, elle puise avec ses mandibules, à la source de l'humeur visqueuse, une gouttelette, la colle d'un côté, puis la reporte, en l'allongeant en fil, du côté opposé, de manière à former un arceau au dessus de son corps; elle multiplie ces fils jusqu'à ce qu'il ne reste plus d'ouverture à la coque et que sa consistance soit devenue assez solide. Les métamorphoses de ces larves s'exécutent assez promptement, et, au bout de huit à dix jours, l'insecte parfait se fait jour à l'extérieur par une ouverture irrégulière.

P. notula. Schüpp.

Perris, Notes pour servir à l'hist. des *Phytonomus* et des *Phytobius*, présentées à l'Acad. des scienc. de Lyon, 1851; cette larve vit sur le *Polygonum hydropipa* L.

Orchestes. Illig.

L'illustre Réaumur, à qui l'on doit tant de belles observations sur les mœurs des insectes, a décrit dans un Mémoire consacré aux larves mineuses, les habitudes d'un petit Curculionide qui vit sur l'orme. Vers la fin de l'automne, on trouve les feuilles de cette arbre desséchées sur leurs bords dans un espace plus ou moins étendu; ces endroits présentent une teinte jaunâtre ou brunâtre, et l'épiderme de la feuille, soigneusement épargné sur l'une et l'autre face, est partiellement soulevé en forme d'ampoule; c'est là que se trouve la larve; lorsqu'elle a acquis son développement, elle s'y construit une petite coque où elle subit ses deux transformations. L'insecte parfait déchire facilement la mince pellicule qui le recouvre, paraît pendant quelques jours sur les feuilles de l'arbre qui l'a vu naître,

et se réfugie ensuite sous la mousse pour échapper aux rigueurs de l'hiver. D'autres espèces ont des mœurs analogues et vivent sur différentes espèces d'arbres.

O. scutellaris. Oliv.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 198, n° 25; larve mineuse des feuilles du *Betula alnus.*

O. fagi. Steph.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I. p. 127, Pl. IV, fig. 14.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 345, fig. 41 (19).

O. alni. Fabr.

De Geer, Mém. t. V, 1775, p. 262, n° 49.

Herbst, Naturg. all. bek. Insekt. t. VI, 1795, p. 425.

Bertoolini, Nov. comment. Acad. scient. Bonn. 1844, t. VI, p. 460; sur les feuilles de l'aulne.

O. ulmi. D.

Réaumur, Mém. t. III, 1737, Mém. I, p. 31.

De Geer, Mém. t. V, 1775, Mém. V, p. 260, Pl. VIII, fig. 7-11; sur les feuilles de l'orme.

O. quercus. L.

Herbst, Naturg. all. bek. Insekt. 1795, t. VI, p. 420. (*Curculio viminalis* L).

Ratzeburg, Die Fortins. Suppl. 1839, p. 33; larve mineuse des feuilles de chêne.

Nœrdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 233, Pl. I, fig. 6, 7.

Anchonus. Sch.

A. cribricollis. Coq. Des Antilles.

Coquerel, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1849, t. VII, 2e sér. p. 448, Pl. XIV, n° IV, fig. 1-4.

Cette espèce vit à l'état de larve dans de petites buchettes que l'on trouve à terre, les creuse de galeries et s'y métamorphose.

Baridius.

B. chloris. Ziegl.

Plieninger, Isis, 1837, p. 525.

D'après cet auteur, les œufs sont déposés en automne sur les graines du colza; au printemps la larve gagne les racines de la

plante et détermine à leur surface la formation de petites galles de formes variées. Lorsque le temps de la métamorphose en nymphe arrive, la larve abandonne l'excroissance où elle a vécu jusqu'alors et va en terre se construire, au voisinage, une petite loge pour y subir ses transformations.

B. chlorizans. Müll.

Chavannes, Bull. de la Soc. vaudoise, 1849, n° 19, p. 136; cette espèce paraît nuisible aux choux.

B. trinotatus.

Westwood, Proceed. of the entom. Soc. 1849, t. V, p. 89; la larve paraît nuire aux pommes de terre.

B. picinus. Germ. et *B. cuprirostris.* Fabr.

Dufour, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1846, t. IV, 2° sér. p. 430.

Ces deux petites larves vivent dans la partie inférieure et le collet des vieilles tiges des choux. Elles creusent leurs galeries dans la pulpe de ces végétaux et s'y forment de petites loges pour y subir leurs transformations.

B. cœrulescens. Sturm.

Hammerschmidt, Observ. physiol. et pathol. de plantar. gallarum ortu. Vienne, 1832, Pl. III; dans les tiges du *Reseda lutea.*

Tribu 2. Cryptorhynchides.

Cryptorhynchus. Illig.

C. lapathi. L.

Curtis, Trans. of the Linn. Soc. of Lond. 1791, t. I, p. 86, Pl. V.

Cette espèce, que l'on trouve sur les saules, vit à l'état de larve dans le tronc de ces arbres qu'elle creuse en tous sens de galeries légèrement flexueuses.

Loudon, Arboret. britannic., p. 1479.

Mononychus. Schüpp.

M. pseudo-acori. Auct.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 345, fig. 41 (20).

Curtis, Brit. Entomol. X, p. 292.

La larve de cette espèce vit, d'après M. Westwood, dans les graines de l'*Iris pseudo-acorus*, L.

Cleogonus. Sch.

C. Fairmairei. Coq. Des Antilles.

Coquerel, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1849, t. VII, 2e sér. p. 450.

D'après cet auteur, la larve creuse des galeries sous les écorces des arbres et attaque aussi l'aubier.

Ceutorynchus. Schüpp.

C. contractus. Marsh.

Kirby, Introd. to Entomol. 1828, I, p. 188.

C. assimilis. Payk.

Kirby, Introd. loc. cit.

Ces deux espèces déterminent la formation de petits tubercules sur les racines du *Sinapis arvensis.*

C. macula-alba. Herbst.

Klingelhoeffer, Entomol. Zeitung, 1845, p. 85; cette espèce vit à l'état de larve dans les têtes de pavot.

C. sulcicollis. Gyll.

Guérin-Méneville, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1845, t. III, Bull. p. XXXIII. La larve vit dans les racines des choux, sous le collet, et y détermine la formation de tubercules assez gros. Pour se métamorphoser en nymphe, elle sort des racines et se construit en terre une petite coque. L'insecte parfait ronge le parenchyme des feuilles et va probablement déposer ses œufs à la racine des jeunes choux, pour l'année suivante.

Conotrachelus. Latr.

C. nenuphar. Herbst. Des Etats-Unis.

Harris, Insect. of Massach. 1841, p. 67. La larve vit dans le fruit des pruniers, des pêchers, des cerisiers, en occasionne la chute et subit ses métamorphoses en terre.

C. argula. Fabr. Des Etats-Unis.

Peck, Massach. Agricult. Reposit. T. V, (*Rhynchænus cerasi*). Les larves de cette espèce vivent sous l'écorce des rameaux du *Pru-*

nus domestica, et déterminent à l'endroit où elles se trouvent la formation de petites bosselures ; elles peuvent occasionner la perte de la branche.

Tribu 12. Cionides.

Cionus. Clairv.

L'histoire des larves de ce genre, ébauchée par Goedart, Réaumur et de Geer, a été très-bien développée par M. Ed. Perris. Cet entomologiste, plein de zèle et de talent, a exposé dans un mémoire présenté à la société Linnéenne de Lyon, le fruit de ses études sur plusieurs espèces. Ces insectes que l'on voit apparaître au printemps recherchent des plantes diverses selon les espèces, mais surtout les *Verbascum*. Les larves, qui naissent des œufs déposés sur ces végétaux, rongent le parenchyme des feuilles et y subissent leurs métamorphoses, quoique cependant elles ne soient pas à proprement parler des larves mineuses. Elles sont recouvertes d'une matière gluante, excrétée par un mamelon rétractile situé à la partie supérieure du segment terminal ; la mollesse et la mobilité de leurs téguments leur permettent de recouvrir en entier leur corps de cette substance. Celle-ci n'a pas seulement été donnée à la larve pour se maintenir avec facilité sur les feuilles, ou se garantir de la pluie et de l'ardeur du soleil, mais encore elle lui sert à fabriquer la coque où elle va subir ses métamorphoses. En effet, lorsque l'époque de la transformation arrive, la larve se fixe sur un point de la feuille où elle a vécu, augmente l'épaisseur de la couche qui la revêt et contracte fortement son corps, de manière à gagner en largeur ce qu'elle perd en longueur. Elle demeure alors immobile jusqu'à ce que cette couche ait acquis assez de consistance, puis elle se détache de cette enveloppe qui la renferme entièrement et se trouve libre dans sa loge. Elle augmente encore l'épaisseur de sa coque au moyen de la même substance qu'elle saisit à sa source avec ses mandibules, et porte ce surcroît de matière aux endroits les plus faibles de sa nouvelle demeure. Après ces travaux, que l'on ne peut suivre sans admirer l'ineffable bonté de la nature, la larve, courbée en arc, demeure immobile dans sa coque membraneuse et transparente, jusqu'à sa transformation en nymphe. Un espace de six à huit jours lui suffit pour se changer en insecte parfait, et le *Cionus* parvenu à son dernier état, détache avec beaucoup de netteté un segment sphérique à l'une des extrémités de sa loge et paraît au jour.

M. Perris, auquel nous devons la majeure partie de ces intéressantes observations, a aussi observé que les larves des *Cionus* étaient attaquées par des parasites appartenant à divers genres ; il a signalé comme tels les *Stomoctea pallipes*. Duf., *Pteromalus larvarum*. Spin. et *Eurytoma abrotani*. Ross.

C. scrophulariæ. L.

De Geer, Mém. t. V, Mém. V, p. 210, pl. VI, fig. 23 *a-b*, 24 et 25.

Schaeffer, Abhandl. t. III, Pl. IX.

Herbst, Natursyst. all. bek. Ins. 1795, t. VI, p. 184.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 72.

Huber, Mém. de la soc. des sc. phys. et d'hist. nat. de Genève, t. X, I, p. 15.

Westwood, Gardin. chron. p. 229.

Rossi, Fauna etrusca, p. 121 ; cet auteur signale la manière dont se forme la coque des larves de cette espèce.

Perris, Ann. de la soc. linn. de Lyon, 1849, p. 291.

B. verbasci. Sch.

Bouché, Naturg. der Insect. 1834, p. 198, n° 26.

C. thapsus. Fabr.

Perris, Ann. de la soc. linn. de Lyon, 1849.

C. olens. Fabr.

Goedart, Métam. natur. (Trad. franç.) 1740, t. II, p. 20, Exp. 10.

Réaumur, Mém. t. III, 1737, Mém. I, p. 32, Pl. II, fig. 9-15.

Cette larve, que nous avons pu examiner, vit aussi sur le bouillon-blanc, et ne diffère en rien de ses congénères sous le rapport de l'organisation et des habitudes.

C. ungulatus. Germ.

Perris, Ann. de la soc. linn. de Lyon, 1849; vit sur le *Verbascum lychnitis*.

C. Fraxini. De Geer.

De Geer, Mém. t. V, 1775, p. 212.

Cleopus. Meg.

D'après les observations de M. Hammerschmidt, les larves de

diverses espèces de ce genre, vivent au collet des plantes, où elles déterminent la formation de petites galles de formes irrégulières.

C. linariæ. Panz.

Hammerschmidt, Observ. path. et physiol. de plant. gall. ortu, 1832, Pl. V.

C. affinis.

Hammerschmidt, loc. cit. Pl. VI.

Gymnætron. Sch.

Ces petits Curculionides paraissent vivre à l'état de larve sur diverses plantes dont ils rongent les fleurs, et subir leurs métamorphoses dans les fruits.

G. villosulus. Sch.

Bouché, Naturg. der Ins. 1834, p. 202, n° 31, t. X, fig. 22. La larve ronge les fleurs de la *Veronica beccabunga*, et détermine la formation de petites galles où elle subit ses métamorphoses.

Loew, Allg. deutsch. naturh. Zeit. 2^te^ Jahrg. p. 290; il est plus probable, comme le dit cet auteur, que la larve vit dans les fruits.

G. verbasci. Sch.

Perris, Ann. de la soc, linn. de Lyon. 1849, Mém. sur les *Cionus;* cet auteur indique en passant que la larve de cette espèce vit dans les fruits des *Verbascum.*

Coniatus. Germ.

C. chrysochlora. Lucas.

Perris, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1850, t. VIII, 2^e^ sér. p. 25.

Cette larve, noire avec un liseré latéral jaunâtre, se trouve en France sur le *Tamarix gallica* et en Algérie sur le *Tamarix africana;* elle ronge les feuilles de ces arbustes et se construit une coque pour se transformer en nymphe; cette coque est de la grosseur d'un pois et formée d'un élégant réseau.

Nanophyes. Sch.

N. tamaricis. Dej.

Gervais, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1847, 2^e^ sér. t. V, Bull.

p. XCIV. La larve de cette espèce, qui n'a pas été décrite, vit dans les ovaires des *Tamarix*. L'auteur rapporte ce fait curieux, que renfermée dans le fruit, elle peut le faire sauter à différentes reprises.

Lucas, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1849, t. VII, 2e sér. Bull. p. LXIV. M. Lucas ajoute quelques nouvelles observations sur les mœurs de cette larve.

Mecinus. Germ

M. collaris. Germ.

Proceed. of the entom. Soc. new ser. t. I, 1851, p. LXXXV, XCVIII, CIII. Cet ouvrage contient sur les mœurs de cet insecte, quelques détails qui confirment les observations que nous avions faites nous-mêmes en 1849.

Larve longue de 1 ½ à 2 lignes, obtuse en avant, un peu acuminée en arrière, d'un blanc jaunâtre, presque glabre.

Tête petite, subglobuleuse, d'un noir brunâtre, présentant une organisation normale, sans ocelles visibles; antennes représentées par un petit tubercule situé en dehors des mandibules; palpes maxillaires très-petits, formés de deux articles; palpes labiaux d'un seul, difficile à voir.

Segments thoraciques plus développés que les segments abdominaux, présentant comme eux des sillons transversaux assez profonds; en dessous chaque segment du thorax offre à l'endroit accoutumé des pattes, une plaque cornée brune, ovalaire, à peu près lisse; en dessus, le mésothorax et le métathorax portent latéralement une plaque analogue; le prothorax semble aussi en être muni, mais le point brun qu'il présente est plus petit, plus rapproché du bord postérieur, et n'est autre chose que le stigmate.

Segments abdominaux au nombre de neuf, munis latéralement de tubercules charnus peu saillants, l'un à l'extrémité de l'arceau dorsal de chaque côté, l'autre de l'arceau ventral.

Stigmates au nombre de neuf paires : la première située sur le bord postérieur du prothorax, les autres à leur place normale.

Nous avons trouvé cette larve entre Ostende et Nieuport sur le *Plantago maritima*. Au mois de juillet 1849, les hampes de ce plantain sont un peu renflées au dessous de l'épi; le renflement est fusiforme, assez allongé et occupe toute la circonférence de la tige. La

larve y subit ses métamorphoses et apparaît à l'état d'insecte parfait dans la première moitié du mois d'août.

Tribu 13. Rhynchophorides.

La Calandre du blé, malgré sa petitesse, a depuis très-longtemps attiré l'attention des naturalistes, par les dommages qu'elle occasionne au produit des récoltes. Les tas de grain qu'elle a une fois envahis sont bientôt perdus à cause de sa prodigieuse fécondité. La femelle pratique obliquement un trou dans un grain de froment et y dépose sur le côté ou sous l'enveloppe un seul œuf, passe à un autre grain, et ainsi de suite. La jeune larve ronge peu à peu toute la substance farineuse, et, lorsqu'elle a pris son accroissement, se change en nymphe, puis en insecte parfait, dans l'enveloppe même du grain. Les espèces exotiques de la même tribu ont de commun avec nos Calandres de se nourrir aussi de substance farineuse; mais au lieu de la prendre dans les graines, elles vont la chercher dans l'intérieur de différentes espèces de Palmiers ou de Cycadées.

Sitophilus. Sch.

S. granarius. L.

Leuwenhoek, Epistol. 1684, p. 74, 83, f. 1.
Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, part. 2e p. 36, Pl. VIII.
De Geer, Mém. t. V, 1778, p. 360.
Herbst, Natursyst. 1795, t. VI, p. 15.
Geoffroy, Hist. abr. des ins. 1798, I, p. 285, n° 18.
Latreille, Hist. natur. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 54.
Kirby et Spence, Introd. to entom. 1822, t. I, p. 171.
Keferstein, in Silberm, Revue entom. 1834, t. II, p. 115.
Gardener's Magaz. t. I, p. 444.
Bulletin de la soc. philom. 1826.
Westwood, Introd. to the mod. class, 1839, I, p. 347.
Harris, Insect. of Massachus. 1841, p. 70.

S. oryzæ. L.

Kirby et Spence, Introd. to entom. 1822. t I, p. 171.
Kollar, Sitzungsb. der Wien. Acad. 1848, t. V, p. 3.
Harris, Insect. of Massachus, 1841, p. 71.

Calandra. Fabr.

C. Sommeri. Burm. Du Cap.

Burmeister, Naturg. der Gattung Calandra 1837.

Rhynchophorus. Herbst.

R. palmarum. L. De l'Amérique.

Merian, Ins. de Surinam. Pl. 48.

Herbst, Natursyst. all. bek. Ins. 1795, t. VI, p. 7, Pl. 0, fig. 5.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 54.

Blanchard, Hist. des Insect. 1845, Pl. 10, fig. 10-11.

Rhina. Latr.

R. nigra. Drury. De Madagascar.

Coquerel, Ann. de la Soc. ent. de Fr. t. VI, 1848, 2e sér. p. 181. M. Coquerel a trouvé cette larve dans le tronc du Vacoua (*Vinsonia utilis* Gaudich.). Le tronc était déjà en partie décomposé, ce qui confirme l'assertion de M. Burmeister, lorsqu'il dit que les calandres n'attaquent que les Palmiers maladifs, brisés ou renversés par les vents.

Sphenophorus. Sch.

S. liratus. Sch. Des Antilles.

Coquerel, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1849, t. VII, 2e sér., p. 445, pl. XIV, n° 3, fig. 1-3.

S. sacchari. Guilding. Des Antilles.

Guilding, Trans. of the Soc. of Arts; selon Westwood, Int. to the modern. class. of ins. I, p. 347.

BOSTRICHIDES.

Les larves de cette famille sont formées sur le même type que celles des Curculionides, et présentent entre elles peu de différences selon les genres; on peut leur assigner les caractères suivants :

Tête arrondie, cornée, un peu rétrécie à sa partie antérieure, à front dirigé en avant, et la bouche un peu en bas.

Ocelles nuls.

Antennes représentées par un petit tubercule caché dans un enfoncement, très-près de l'insertion des mandibules.

Plaque sus-céphalique présentant un chaperon bien distinct, assez allongé.

Lèvre supérieure arrrondie, recouverte de poils et ciliée sur son bord antérieur.

Mandibules cornées, dentées, assez longues, un peu courbées.

Mâchoires très-rapprochées de la lèvre inférieure, formées d'une pièce basilaire un peu allongée, prolongée en un lobe plus ou moins développé, cilié, et portant en dehors un palpe de deux ou trois articles.

Lèvre inférieure assez développée, occupant une grande partie de la plaque sous-céphalique; le menton en losange, charnu; pièces palpigères soudées, indistinctes; palpes labiaux de un ou deux articles; languette représentée par un petit tubercule charnu.

Segments thoraciques ordinairement un peu plus développés transversalement que les segments abdominaux, notamment le prothorax; dépourvus de pattes; celles-ci sont remplacées par des bourrelets charnus toujours recouverts de quelques poils, mais non de soies.

Segments abdominaux au nombre de neuf, plus étroits que les segments thoraciques, recouverts comme ceux-ci de téguments mous, plissés transversalement; anus presque toujours en forme de X, ne servant pas à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires : les thoraciques plus grands, situés à la partie externe du prothorax ou plutôt dans le pli qui le sépare du mésothorax; les autres sur les huit premiers segments abdominaux, sur un plan un peu supérieur aux extrémités latérales des bourrelets dorsaux.

Ces larves sont de forme raccourcie, arquée, cylindrique; à téguments de consistance médiocre, d'un blanc jaunâtre, sauf les parties ordinairement colorées, comme les parties de la bouche. Les poils ne sont jamais aussi longs ni aussi nombreux que ceux des Curculionides.

On voit par ces caractères combien les Bostrichides se rapprochent, à l'état de larve, des Curculionides; aussi Erichson avait-il

réuni sous un même titre les caractères des deux familles. Nous les avons cependant séparées, parce que, tout en reconnaissant les intimes analogies des deux groupes, même à l'état parfait, il est d'habitude d'en faire deux familles distinctes, et rapprochées dans la série. Quant aux différences que l'on peut indiquer elles sont peu nombreuses et de moindre importance. Ainsi, la tête est en général plus allongée, plus forte que dans les Curculionides; les mandibules sont un peu plus longues; les téguments plus fermes et toujours étiolés; le corps est cylindrique et son extrémité postérieure est obtuse; enfin les segments thoraciques sont plus grands, et l'ouverture anale a la forme indiquée.

C'est à M. Ratzeburg que nous devons les recherches les plus complètes sur cette famille. Nous emprunterons à ses remarquables travaux l'esquisse des mœurs de ces insectes.

Envisagées sous un point de vue général, elles présentent entre elles la plus grande uniformité; mais lorsqu'on les observe plus en détail, on trouve, selon les espèces, des habitudes variées. Deux espèces seulement (*Hylastes trifolii* et *Bostrichus Kaltenbachii*) vivent dans des plantes herbacées; les autres préfèrent les végétaux ligneux, et, parmi ceux-ci, les Conifères. Il en est, telles que les *Eccoptogaster*, les *Platypus*, quelques *Hylesinus*, qui préfèrent les Amentacées, les Cupulifères, les Amygdalées, etc.; le *Bostrichus Saxesenii* seul habite ces deux espèces d'arbres, c'est-à-dire les Conifères et les Dicotylédones de nos forêts. Il existe d'autres nuances encore parmi ces insectes, selon qu'ils recherchent les arbres jeunes (*B. bidens*) ou les arbres âgés (*B. typographus*), ou bien qu'ils attaquent indifféremment les uns ou les autres (*B. laricis*). Certaines espèces n'habitent pas indifféremment les arbres vigoureux ou languissants, les rameaux, les troncs ou les racines; quelques-unes vivent exclusivement sur une seule espèce d'arbres (*B. typographus*); d'autres se rencontrent dans plusieurs (*B. lineatus*); on observe même que certaines espèces voisines vivent dans des endroits spéciaux analogues, quoique sur des arbres d'espèces diverses, comme par exemple les nodules, l'aisselle des branches, des rameaux, etc. Enfin, si nous considérons quelles sont les parties constituantes des arbres en but aux attaques de ces insectes, les uns se tiennent dans les couches corticales, les autres dans les couches ligneuses; parmi les premiers, certaines espèces habitent la couche corticale externe, d'autres, en plus grand nombre, cette couche interne que l'on nomme le liber.

L'accouplement des Bostrichides a lieu à des époques diverses, tantôt en plein air, tantôt, et bien plus souvent, dans la profondeur de leurs galeries. C'est probablement dans ce but que l'on trouve à l'extrémité des galeries des espèces qui creusent l'écorce, un élargissement, une loge de forme et d'étendue variables. De ce point, comme centre, l'insecte parfait creuse tantôt une seule galerie principale, tantôt plusieurs qui sont ou de niveau (*Hylesinus fraxini*, *minor*) ou rayonnantes (*B. bidens*, *chalcographus*). C'est dans ces galeries principales que la femelle dépose ses œufs, alternativement à droite et à gauche, dans de petits trous qu'elle a préalablement creusés. Les jeunes larves se forment des galeries disposées à angle droit ou aigu par rapport à la galerie principale. Chaque larve vit isolément dans la route qu'elle s'est tracée, respectant soigneusement la cloison qui la sépare de ses voisines. Les galeries restent ordinairement limitées à la couche où a été primitivement creusée la galerie principale (*B. villosus*); d'autres fois les jeunes larves pénètrent plus profondément (*B. abietis*). On observe ordinairement la plus grande régularité dans les dessins tracés par ces larves dans les différentes couches de l'écorce, et l'on reconnait, au premier coup d'œil, la loge centrale à sa forme et à sa position; les galeries principales à leur grandeur, à leur largeur uniforme; les galeries accessoires à leur direction et leur développement successif en largeur. Mais il n'en est pas toujours ainsi, et il est quelquefois difficile de faire cette distinction; c'est ce qui a lieu notamment pour les espèces qui vivent dans la couche corticale externe (*B. villosus*). M. Saxesen a observé que chez plusieurs espèces (*H. micans*, *cryptographus*) les larves vivent en société et creusent une seule galerie très-large; M. Ratzeburg de son côté a trouvé les larves des *Platypus* les unes à la suite des autres et vivant dans de larges galeries de l'intérieur du bois; M. Perris a observé le même fait. Les espèces qui creusent les parties ligneuses, ont ordinairement des galeries très courtes, dirigées en divers sens et dans lesquelles les larves doivent plus tard subir leurs métamorphoses. Les loges de celles qui vivent dans les couches corticales, sont, au contraire, placées dans l'écorce, dans le liber, ou tout-à-fait superficiellement dans l'aubier. Après la métamorphose, le nouvel insecte sort en creusant une ouverture oblique ou droite par rapport à la direction de la galerie principale; tandis que ceux des parties ligneuses sortent en suivant les contours de cette dernière galerie.

Parmi les nombreux travaux qui ont été publiés sur les mœurs de ces insectes, on doit surtout signaler les suivants :

Haas, Beobachtung. über die Rinden-oder Borkenkaefer. Erlangen, 1793.

Rosier, Cours complet d'agriculture ou Dictionnaire universel d'agric. t. XIII, 1783.

Herbst, Natursyst. all. bekant. Insect. t. V, 1793.

Latreille, Hist. natur. des crust. et des insect. 1802-1805, t. XI, p. 194.

Loudon, Arboret. britannic. Art. *Elm* et *Pinus*.

The Gardener's Magaz. t. I, II, III, XII, etc.

Annales de la Société royale d'agriculture de Paris, t. XIX et XXIII.

Mac Leay, Edinb. philosop. Journ. 1824.

Curtis, Brit. Entomol. art. 45.

Kirby et Spence, Introd. to Entom. t. I. 1822, p. 210-232.

Spence, Proceed. of the entom. Society tom. II, pag. 13-15, etc.

Bouché, Naturg. der schaedl. Garten-Ins. 1834.

Ratzeburg, Entomolog. Beitraeg. 1834, (Dans le t. XVII des Act. acad. natur. Curios).

De la Rue, Entomolog. forestière. 1838.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insect. 1837.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, p. 129, Pl. XIV. Ibid. Erst. Nachtr. 1839.

Westwood, Intr. to the mod. class. t. I, 1839, p. 532.

Harris, Insects of Massachus. 1841, p. 72.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1842, I, p. 573.

Guérin-Méneville, Revue zoolog. 1846, t. IX, p. 289.

Noerdlinger, Nachtrag zu Ratzeburgs Forstinsect. Entomolog. Zeit. zu Stett. 1848, p. 225.

Platypus. Herbst.

P. cylindrus. Fabr.

Ratzeburg, Die Forstins. 1837, I, p. 188, pl. XIV, fig. 28-32. — Supplém. p. 52.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 534, fig. 42 (21-22).

Perris, Ann. des sc. nat. 1840, t. XIV, 2e sér. p. 89, Pl. III, fig. 19-24.

Kollar, Sitzungsb. der Kaiserl. Akad. der Wissensch. 1849, t. I, p. 3.

La larve de cette espèce vit dans la partie ligneuse, dure et non encore décomposée, des souches de chêne.

Bostrichus. Fabr.

Gmelin, Abhandl. uber die Wurmstrocknis, 1787.

B. typographus.

Herbst, Natursyst. all. bekant. Ins. 1793, t. V, p. 81.
Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1837, p. 367.
Ratzeburg, Die Forstinsect. 1837, I, p. 159, suppl. p. 37.
Nœrdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 234.
Kollar, Sitzungsb. d. Kais. Akad. d. Wiss. 1849, p. 317.

La larve de cette espèce vit uniquement sur le pin (*Pinus picea*); elle creuse ses galeries dans le liber et l'aubier.

B. laricis. Fabr.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1837, p. 372.
Ratzeburg, Die Fortins. 1837, p. 155. Suppl. p. 41.
Nœrdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 235, Pl. I, fig. 8.

On trouve cette espèce entre le liber et l'aubier des sapins, des pins, plus rarement des mélèzes.

B. orthographus. Duft.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1837, p. 373.

Sous les écorces de sapin (*Pinus abies*).

B. cembræ. Heer.

Heer, Observ. entomol. 1836, p. 28.
Ratzeburg, Die Forstins. 1837, I, p. 188.

B. stenographus. Duft.

Ratzeburg, loc. cit. p. 153. Suppl. p. 40.
Nœrdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 235.
Dans les sapins, et les *Pinus pinaster*, et *laricio*.

B. curvidens. Germ.

Ratzeburg, loc. cit. p. 156. Suppl. p. 41.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 237.

Vit dans le pin, le sapin, entre le liber et l'aubier.

B. chalcographus. L.

Ratzeburg, loc. cit. p. 158. Suppl. p. 41.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 238.
Dans le liber des pins.

B. bidens. Fabr.

Ratzeburg, loc. cit. p. 160.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 238.
Dans les Sapins seulement dont elle entame profondément l'aubier.

B. bidens. Var. *quadridens.* Haas.

Ratzeburg, loc. cit. Suppl. p. 41.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 239.

B. bidens. Var. *trepanatus.* Nœrdl.

Nœrdlinger, loc. cit. p. 238.
Dans les rameaux des sapins.

B. autographus. Ullr.

Ratzeburg, loc. cit. p. 160. Suppl. p. 41.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 240.
Cette espèce se trouve dans les pins, les sapins, le pin Weimouth.

B. bicolor. Herbst.

Ratzeburg, loc. cit. p. 161.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 241.
La larve vit dans l'écorce des hêtres, rarement dans celle des charmes.

B. villosus. Fabr.

Nœrdlinger, loc. cit. p. 241, Pl. 1, fig. 9.

B. acuminatus. Gyll.

Nœrdlinger, loc. cit. p. 256.
Dans le liber et l'aubier des sapins.

B. bispinus. Duft.

Ratzeburg. loc. cit. I p. 162.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 257.
Bach, Entomol. Zeit. zu Stett. 1849, p. 200.
Dans les tiges de la Clématide.

B. monographus. Fabr.

Ratzeburg, loc. cit. p. 167, suppl. p. 44.
Cette larve vit dans le bois des chênes.

B. dispar. Helw.

Ratzeburg, loc. cit. p. 169. Suppl. p. 44.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 249.
Cette espèce se trouve dans les hêtres, les charmes, les chênes et les érables.

B. dactyliperda. Panz.

Letzner, Schless. Gesellsch. für vaterl. Kultur, 1859, p. 8.
Lucas, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1846, 2e sér. t. IV, Bull. p. C. — Explorat. scientif. de l'Algérie, 2e part. Artic. 1847, p. 464. Pl. XXIX, fig. 1, *h.*
La larve se trouve dans les noyaux des dattes et des fruits du *Chamærops humilis.*

B. exesus. Harris. Des Etats-Unis.

Harris, Insect. of Massach. 1841, p. 74.

B. pini. Say. Des Etats-Unis.

Harris, Insect. of Massach. 1841, p. 74.

B. pinastri. Bechst.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1857, p. 372.
Sous les écorces des sapins.

B. Kaltenbachii. Bach.

Bach, Entom. Zeit. zu Stett. 1849, p. 199, 1850. p. 18.
Cette espèce vit dans les tiges du *Teucrium scorodonia* et de l'*Origanum vulgare.*

Cryphalus. Erichs.

C. abietis. Ratz.

Ratzeburg, Die Forstinsect. 1857, I, p. 165, Suppl. p. 45.
Nœrdlinger, Entomol. Zeit. zu Stett. 1848, p. 244.
Se trouve dans les pins.

C. piceæ. Ratz.

Ratzeburg, loc. cit. p. 165.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 244, Pl. I. fig. 2, *a-d.*
Dans les racines des pins.

C. tiliæ. Fabr.

Nœrdlinger, loc. cit. p. 245, Pl. I, fig. 12.
Dans le liber du Tilleul.

Cryphturgus. Erichs.

C. pityographus. Ratz.

Ratzeburg, loc. cit. p. 162. Suppl. 42.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 242. Pl. I, fig. 10.
Se trouve dans les sapins.

C. fagi. Nœrdl.

Nœrdlinger, loc. cit. p. 242.
Dans les rameaux des hêtres.

C. Lichtensteinii. Ratz.

Ratzeburg, loc. cit. p. 162. Suppl. p. 42.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 242.
Cette espèce vit dans le sapin ordinaire, et quelques autres.

C. cinereus. Herbst.

Ratzeburg, loc. cit. p. 162. Suppl. p. 42.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 241.
Dans les sapins.

C. pusillus. Gyll.

Ratzeburg, loc. cit. p. 162.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 241.
La larve se trouve dans le pin dont elle creuse seulement le liber.

Xyloteres. Erichs.

X. lineatus. Gyll.

Ratzeburg, loc. cit. p. 164. Suppl. p. 43.
Nœrdlinger, loc. cit p. 245.
La larve creuse ses galeries plus ou moins profondément dans le bois des pins, des sapins, mélèzes et autres conifères.

X. domesticus. L.

Ratzeburg, loc. cit. p. 165. Suppl. p. 43.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 245.
Elle se trouve sur les hêtres, les tilleuls et les érables.

X. Saxesenii. Ratz.

Ratzeburg, loc. cit. p. 167.
Nœrdlinger, loc. cit. p. 246, Pl. II, fig. 1-5.
Dans les pins, les chênes, les tilleuls, les érables, etc.

Scolytus. Geoff.

S. intricatus. Koch. (Pl. VII, fig. 9).

Ratzeburg, Die Forstins. 1837, I. p. 185, Pl. XIV, fig. 25-27. Suppl. p. 51.
Nœrdlinger, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 253.
Se trouve sous l'écorce des chênes.

S. multistriatus. Marsh.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 186.
Letzner, Schless. Gesellsch. für vaterl. Kultur, 1844, p. 4.
Nœrdlinger, Loc. cit. p. 252. Dans les ormes.

S. pygmæus. Fabr.

Feisthamel, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1835, t. IV, Bull. p. LXXX, et V, 1836, Bull. p. XI.
Audouin, ibid V, 1836, Bull. p. XV et XXX.
Letzner, Schless. Gesells. für vaterl. Kultur, 1844, p. 4.

S. hæmorrhous. Meg.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1837, p. 271.
Dans le prunier.

S. pruni. Ratz.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 187. Suppl. p. 52.
Nœrdlinger, Loc. cit. p. 253.
Dans des arbres divers, les pruniers, mérisiers, les ormes, etc.

S. rugulosus. Koch.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 253.
Dans les mérisiers.

S. carpini. Erichs.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 254.

S. destructor. Oliv.

Kollar, Naturg. der schaedl. Ins. 1837, p. 274.
Ratzeburg, Loc. cit. p. 186.
Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 353, fig. 42 (4).

Guérin-Méneville, Revue zool. 1846, t. IX, p. 289; mœurs et anatomie des Scolytes, et spécialement du *S. destructor*.

Guérin-Méneville, Ann. de la Soc. entom. de Fr, 1846, 2e sér. Bull. p. LXIX.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 252.

La larve de cette espèce, qui fait quelquefois des torts considérables, vit dans les ormes, les pruniers, les poiriers, etc.

S. strobi. Peck. Des États-unis.

Peck, Massachuss. Agric. Journ. 1817.

S. pyri. Peck. Des États-Unis.

Peck, Loc. cit. 1817.

Harris, Insect. of Massach. 1841, p. 75.

S. amygdali. Guér.-Ménev.

Guérin-Méneville, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1847, 2e sér. t. V, Bull. p. XLVI.

Polygraphus. Erichs.

P. pubescens. Fabr.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 182.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 251, Pl. II, fig. 8; dans les pins et les sapins.

Phloeotribus. Latr.

P. oleæ. Latr.

Boyer de Fonscolombe, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1840, t. IX, 1re sér. p. 104.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 256; la larve vit à l'angle des rameaux de l'olivier, aussi dans l'orme.

Hylesinus. Fabr.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I. p. 151, Pl. XIV, fig. 15-24.

H. oleiperda. Fabr.

Boyer de Fonscolombe, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1840, t. IX, 1re sér. p. 104.

Costa, Correspondanz. zoolog. 1839, p. 100.

Vit dans les branches de l'olivier.

H. vittatus. Fabr.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 252. Dans l'orme.

H. crenatus. Fabr.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 183.

Guérin-Méneville, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1845, t. III, Bull. p. XXVIII.

Vit dans le frêne.

H. fraxini. Fabr.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 183, Suppl. p. 50.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 252.

Vit aussi dans le frêne.

H. varius. Fabr.

Guérin-Méneville, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1846, t. IV. Bull. p. LXIX.

H. spartii. Nordl.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 250, Pl. II, fig. 7.

Vit dans le tronc des genets entre le liber et l'aubier.

Dendroctonus. Erichs.

D. hederæ. Schmidt.

Schmidt, Entomol. Zeit. zu Stett. 1845, p. 108.

Dans les branches de lierre.

D. micans. Kugel.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 177, Suppl. p. 49.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 249.

Dans les pins.

Hylurgus. Er.

H. ligniperda. L.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 178.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 250.

Dans le *Pinus alepensis.*

H. dentatus. Say. Des États-Unis.

Harris, Insect. of Massachuss. 1841, p. 75.

H. piniperda. L.

Kollar, Naturg. der schaedl. Insekt. 1837, p. 374.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 171, Suppl. p. 47.

Dagonnet, Compte-rendu des trav. de la Soc. d'Agric. Comm. scient. et artist. de la Marne pour 1848. Sous le nom de *Ligniperda*, comme détruisant les pins. (Il y a eu rectification).

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 249.

Cette espèce attaque différentes espèces de pins. (*laricio, pinaster, sylvestris, Weimouth*).

Hylastes. Er.

H. trifolii. Müll.

Müller, Soc. des Arts et des Sc. du départ. de Mont-Tonnerre, an XI.

Schmitt, Entomol. Zeit. zu Stett. 1844, p. 589.

Cette espèce vit dans les racines du *Trifolium pratense.*

H. ater. Payk.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 179.

Dans les sapins.

H. palliatus. Gyll.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 180.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 249.

Cette larve se trouve dans le liber des sapins, des pins, des mélèzes et du *Pinus strobus.*

H. cunicularius. K.

Ratzeburg, Loc. cit. p. 180.

Nœrdlinger, Loc. cit. p. 251.

Dans les pins.

LONGICORNES.

Tête cornée, déprimée, en partie rétractile dans le segment prothoracique, à bouche portée directement en avant et formée de parties dures.

Ocelles tantôt nuls, ou bien petits et peu distincts, tantôt au nombre de un à trois de chaque côté.

Antennes extrêmement petites, presque cachées dans un repli du bord antérieur et latéral de la plaque sus-céphalique, formées de trois articles, avec une petite soie terminale.

Chaperon distinct, parcheminé.

Lèvre supérieure cornée, ciliée sur son bord antérieur, fermant, avec le chaperon, l'espace qui sépare les mandibules.

Mandibules courtes, puissantes, dures et inermes.

Mâchoires articulées très-près du menton, formées d'une pièce cardinale immobile; d'une pièce basilaire courte et large; d'un

lobe maxillaire développé et hérissé de soies; de palpes maxillaires assez courts, cylindriques, tri-articulés.

Lèvre inférieure formée d'un menton charnu; de pièces palpigères développées, le plus souvent soudées; de palpes labiaux bi-articulés; enfin d'une languette recouverte de poils à son extrémité.

Segments thoraciques souvent peu distincts des segments abdominaux; d'autres fois, le prothorax très-gros, recouvert en dessus et en dessous d'un écusson subcorné, et présentant à sa face inférieure un bourrelet transversal étroit et charnu; ce bourrelet, situé au bord postérieur de l'arceau ventral, supporte les pattes lorsqu'elles existent; celles-ci nulles ou extrêmement petites, articulées latéralement à la face inférieure des trois segments thoraciques; formées d'une hanche courte, d'une cuisse, d'une jambe et d'un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus, nettement séparés les uns des autres par des sillons profonds, souvent protégés en dessus et en dessous par des plaques dures et coriacées; anus saillant, simulant un dixième segment, ne servant pas à la progression; l'ouverture anale toujours en forme d'Y.

Stigmates au nombre de neuf paires dont huit sur les huit premiers segments abdominaux, situés latéralement, mais un peu plus près de la région dorsale que de la face opposée; la neuvième formée de stigmates plus grands, située latéralement, tantôt sur le mésothorax, tantôt dans le sillon qui sépare ce dernier du prothorax.

On connaît déjà un nombre assez considérable de larves de cette famille, et Erichson, à qui nous empruntons ces caractères (Archiv. de Wiegm. 1842, I, p. 375) a essayé d'indiquer quelques-unes des différences qui les distinguent entre elles. Elles ont, au premier aspect, une forme qui rappelle celle des Buprestides, mais la présence des palpes labiaux, la forme arrondie ou elliptique des stigmates, celle de l'ouverture anale, etc. serviront toujours suffisamment pour différencier les deux groupes.

Voyez pour les détails généraux sur ces larves :

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 262.

Ratzeburg, Die Forfins. 2e édit. 1839, t. I, p. 252.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. 1839, t. I, p. 7.

Westwood, Int. to the mod. class. of Ins. 1839, t. I, p. 333.

Erichson, Wiegm. Arch. 1842, I, p. 75.

Goureau, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. II, 2e sér. 1844, p. 433. Notes sur l'organisation céphalique des larves de Longicornes et sur la position de la première paire de stigmates.

Dufour, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. III, 2e sér. 1845, p. 493. Sur la segmentation de ces larves.

Tribu 1. Prioniens.

Tête grosse, déprimée, presque de la largeur du prothorax; celui-ci portant un bourrelet charnu en arrière de la plaque cornée de l'arceau inférieur; segments thoraciques munis de pattes; première paire de stigmates placée sur le mésothorax.

Spondylis. Fabr.

S. Buprestoides. Fabr.

Ratzeburg, Die Fortins. t. I, (2e édit. 1839) p. 233, Pl. XVII, fig. 12; avec la tête grossie.

Westwood, Introd. to the mod. class. t. I, 1839, p. 361, fig. 43 (12-15).

Prionus. Geoff.

P. coriarius. Fabr.

Rœsel, Insekt. Belustig. 1746, Ins. terr. t. II, cl. II, tit. 2, fig. 4.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 261.

Westwood, Introd. to the mod. class. t. I, 1839, p. 360, fig. 43, 5.

P. damicornis. De l'Amérique du Sud et des Antilles.

Mérian, Ins. Surin. Pl. XXIV.

Brown, Hist. of Jam. p. 429.

Ergates. Fabr.

E. faber. L.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. 1839, t. I.

Lucas, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1844, t. II, 2e sér. p. 169.

Lucas, Expl. scientif. de l'Algérie, 2e part. Articul. 1847, p. 481, Pl. XLI, fig. 2 *a-j*.

Avec beaucoup de détails.

Tribu 2. Cérambycins.

Tête petite; prothorax portant en dessus et en dessous un bourrelet transversal charnu, placé en arrière de la plaque cornée; des pattes aux segments thoraciques; première paire de stigmates placée sur le mésothorax.

Cerambyx. L.

C. cerdo. Fabr.

La larve de cette espèce ne diffère que par la taille de celle du *Cerambyx heros* décrite et figurée depuis longtemps; signalons cependant que le prothorax porte sur la moitié postérieure de la plaque dorsale prothoracique une série de stries longitudinales. On la trouve sous les écorces de plusieurs espèces d'arbres morts, notamment du cerisier, du pommier et du chêne.

C. heros. Fabr.

Frisch, Beschr. d. Insekt. Deutschl. 1720, part. V, p. 1, Pl. III.

Posselt, Beitr. zur Anatom. der Ins. 1804, I, p. 29, tab. III, fig. 15-25; anatomie.

Ratzeburg, Die Fortins. 2e édit. 1839, t. I, p. 238, Pl. XVI, fig. 3.

Westwood, Int. to the mod. class. t. I, 1839, p. 364, fig. 44 (5-10).

Xystrocera. Serv.

X. globosa. Oliv. De Madagascar.

Coquerel, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. VI, 2e sér. 1848, p. 180, Pl. VI, n° 4, fig. 2, *a*. Quelques mots et une figure.

Callidium. Fabr.

C. luridum. Fabr.

Ratzeburg, Die Fortins. t. I, (2e édit. 1839) p. 237, Pl. XVII, fig. 2.

C. violaceum. Fabr.

Kirby, Trans. of the Lin. soc. t. V, 1800, p. 246, fig. 1-14.

Asemum. Erichs.

A. striatum. Fabr.

Longueur 18 millim., largeur 4 millim.

Tête médiocre, enfoncée presque à moitié dans le prothorax.

Ocelles au nombre de deux (?) de chaque côté, immédiatement en dehors des antennes.

Antennes très-courtes, formées de trois articles; les deux premiers courts, sub-globuleux; le troisième portant à son extrémité deux petits appendices ou articles rudimentaires placés à côté l'un de l'autre.

Mandibules et mâchoires normales.

Prothorax moins grand que dans les autres espèces de Cérambycins, à plaque dorsale placée à peu près sur le même plan que les plaques des autres segments, c'est-à-dire non inclinée en avant, comme chez les *Clytus*, par exemple. Cette plaque est lisse dans sa partie antérieure et très-finement rugueuse dans sa moitié postérieure.

Pattes très-courtes.

Segments abdominaux allant graduellement en s'amincissant jusqu'au sixième; les trois derniers plus larges; plaques dorsales de tous non cornées, légèrement irrégulières, sans mamelons ni tubercules.

Nous avons trouvé ces larves dans une souche de pin en partie décomposée. Elles se changèrent en nymphes vers le commencement de juin; trois semaines après les insectes parfaits apparurent.

Clytus. Fabr.

C. arietis. Fabr. (Pl. VIII, fig. 8).

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. V, 2e sér. 1847, p. 547, Pl. IX, n° 2, § 1, fig. 1-4.

C. arcuatus. Fabr. (Pl. VIII, fig. 7).

Entomol. Magaz, t. I, p. 212, t. IV, p. 222.

Gracilia. Serv.

G. pygmœa. Fabr.

Schmidt, Entomol. Zeit. 1845, p. 105.

Description détaillée.

Les larves des *Gracilia* ont les pattes tellement petites qu'elles forment réellement le passage des Cérambyciens à la tribu suivante.

Tribu 3. Lamiaires.

Tête petite; segments thoraciques dépourvus de pattes; première paire de stigmates placée dans le pli qui sépare le prothorax du mésothorax.

Parmena. Meg.

P. pilosa. Sol.

Solier, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. IV, 1re sér. 1834, p. 123, Pl. III, fig. 1-6.

Lamia. Fabr.

L. textor. L. (Pl. VIII, fig. 1).

Longueur 40 millim., largeur 8 à 10 millim.

Tête petite, cornée, presque entièrement rétractile dans le prothorax; plaque sus-céphalique à bord antérieur concave, avec une légère saillie au-dessus des mandibules.

Chaperon assez grand, à angles antérieurs obtus.

Lèvre supérieure à peu près de la longueur du chaperon à sa base.

Antennes très-courtes, insérées dans une petite excavation au dessus et en dehors des mandibules; de trois articles à peu près de même longueur, terminées par un petit article rudimentaire.

Mandibules fortes, triquètres, présentant une face interne concave, limitée par un bord supérieur sinueux, obtusément denté près de l'extrémité; leur bord inférieur courbe en dedans; leur face supérieure arrondie, lisse et convexe, l'inférieure concave.

Mâchoires à base large, charnue, soudée avec le menton; lobe maxillaire petit, ne dépassant pas les palpes; ceux-ci assez longs, de trois articles égaux.

Lèvre inférieure composée d'un menton échancré en avant; de pièces palpigères soudées, portant deux petits palpes labiaux bi-articulés; et d'une languette assez grande, faiblement échancrée sur son bord antérieur.

Prothorax très-développé, de la longueur des trois segments suivants réunis, un peu rétréci en avant; portant en dessus un grand écusson incliné en avant, quadrangulaire, corné, lisse

dans sa moitié antérieure, rugueux dans l'autre moitié, à angles postérieurs fortement accusés; en dessous trois petits écussons : un médian triangulaire, les deux latéraux, arrondis.

Mésothorax très-étroit; métathorax un peu plus grand, présentant en dessus et en dessous un sillon transversal peu étendu.

Pattes nulles.

Arceaux de l'abdomen au nombre de neuf, bien séparés; les sept premiers portant en dessus un sillon ovalaire, profond; en dessous un sillon large, transversal, rétréci au milieu.

Corps de forme prismatique, à six pans jusqu'au septième anneau; anus en fente transversale; la lèvre supérieure s'avançant un peu plus que l'inférieure.

Nous avons trouvé cette larve dans le bois vivant du *Salix vitellina;* elle reste un peu plus d'un mois à l'état de nymphe.

L. amputator.

Trans. of the Lin. Soc. of Lond. 1821, vol. XIII, p. 604, Pl. XXX, fig. 1-4.

L. rubus. Fabr. De l'île de France.

Blanchard, Hist. nat. des Ins. 1845, t. II.

Morimus. Serv.

M. lugubris. Fabr.

Goureau, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. II, 2e sér. 1844, p. 427, Pl. X, fig. 1-5.

Leiopus. Serv.

L. nebulosus. Fabr.

Westwood, Intr. to the mod. class. of Ins. t. I, 1839, p. 365. Quelques mots seulement.

Astynomus. Dej.

A. ædilis. Fabr.

Ratzeburg, Die Forstins. t. I, 1837, Pl. XVI, fig. 2.

Pogonocherus. Meg.

P. pilosus. Fabr. (Pl. VIII, fig. 9).

Bouché, Entom. Zeit. 1847, p. 165.

Courte description.

L. Fairmaire, Bull. des annal. de la Soc. entom. de Fr. 1847, p. XVII.

M. Fairmaire l'a trouvée dans le gui de l'acacia; nous l'avons rencontrée plusieurs fois dans les tiges sèches du lierre.

Saperda. Fabr.

F. carcharias. Fabr.

Gœdart, Mét. nat. 1700, trad. franç. t. I, p. 248, exp. 51. Description et figures laissant beaucoup à désirer.

Ratzeburg, Die Fortins. t. I, 1839, p. 254, Pl. XVII, fig. 4.

S. scalaris. Fabr.

Goureau, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. II, 2e sér. 1844, p. 427, Pl. X, fig. 6, 7.

S. populnea. Fabr.

Bouché, Naturg. der Insekt. p. 203, n° 32, 1834.

Ratzeburg, Die Fortins. 2e édit. 1839, I, p. 253, Pl. XVI, fig. 5.

S. linearis. Fabr.

Rœsel, Ins. Belustig. 1745, vol. II, cl. II, tit. 3, fig. 3, 4.

Ratzeburg, Die Fortins. 2e édit. 1839, t. I, p. 256, Pl. XVI, fig. 6.

S. gracilis. Fabr.

Guérin, Ann. de la Soc. entom. de Fr. Bull. 1847, p. XVII.

La larve nuit aux céréales.

S. punctata. Fabr.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. V, 2e sér. 1847, p. 549, Pl. IX, n° 2, fig. 5, 7.

S. virescens. Panz. (Pl. VIII, fig. 2).

Longueur 14 millim., largeur 3 à 4 millim.

Tête petite, allongée; sa moitié postérieure enchassée dans le prothorax.

Antennes extrêmement courtes, de trois articles.

Mandibules fortes, saillantes, dentées au côté interne.

Mâchoires à pièce basilaire très-courte, à lobe dépassant à peine la lèvre inférieure en avant.

Plaque supérieure du prothorax fortement inclinée en avant, portant deux impressions obliques près de ses bords latéraux.

Anneaux de l'abdomen portant, jusqu'au septième inclusivement, en dessus et en dessous, un mamelon petit sur les premiers seg-

ments, très-gros sur les derniers; la plaque des mamelons supérieurs divisée longitudinalement en deux portions offrant chacune une impression profonde, vaguement semi-circulaire.

Pattes nulles.

Cette larve est jaunâtre; nous l'avons trouvée vers la fin de l'hiver dans les tiges sèches de l'*Echium vulgare*.

Agapanthia. Serv.

A. irrorata. Fabr.

Graëlls, Mém. de l'Acad. des scienc. de Madrid, t. I, 1re part. 1850, p. 67, Pl. III, fig. 1-3.

A. cardui. Fabr.

Guérin-Méneville, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. III, Bull. p. LVX.

Tribu 4. Lepturaires.

Tête aussi large que le prothorax, grande, bien découverte; segments prothoraciques munis de pattes; un bourrelet prothoracique à la face ventrale seulement; première paire de stigmates placée sur le mésothorax.

Rhagium. Fabr.

R. inquisitor. Fabr. (Pl. VIII, fig. 6).

De Geer, Mém. 1754, t. V, Mém. VIII, p. 398, Pl. XII, fig. 6-7.

L. Dufour, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. IX, 1re sér. 1840, p. 65, Pl. V, fig. 1-4.

Westwood, Introd. to the mod. class. of Ins. t. I, 1839, p. 370, fig. 44, 21.

R. indagator. Fabr.

Ratzeburg, Die Fortins. 1839, 2e édit. 1, p. 239, Pl. XVII, fig. 5.

R. bifasciatum. Schrank. (Pl. VIII, fig. 4).

Les larves de cette espèce ont les parties de la bouche conformées comme celles du *Rhagium inquisitor*. Le chaperon est un peu plus petit et jaunâtre; le prothorax est moins grand, lisse, du reste comme dans l'espèce en question; mais les plaques dorsales et ventrales des sept premiers segments abdominaux diffèrent notablement. Ici les plaques supérieures sont plus petites, plus dures, plus saillantes, elliptiques, divisées longitudinalement, et portent de

trois à cinq séries transversales de tubercules lisses ; les plaques inférieures sont divisées crucialement, avec le sillon transversal bordé d'une rangée de tubercules, comme ceux du dos.

Nous avons trouvé ces larves au printemps dans les souches du *Pinus sylvestris*.

R. salicis. Fabr. (Pl. VIII, fig. 5).

Le chaperon dans cette espèce est encore plus petit que dans la précédente; la tête est de couleur plus claire; le prothorax rugueux en dessus; les deux segments suivants ont l'arceau supérieur caréné, tandis qu'il est aplati dans les *R. inquisitor* et *bifasciatum*.

Les plaques abdominales supérieures sont elliptiques, plus grandes que dans l'espèce précédente, non divisées dans leur milieu et portent également des séries transversales de tubercules; mais ceux-ci sont plus petits, de sorte qu'ils sont en plus grand nombre et donnent à ces plaques un aspect finement granuleux; les plaques inférieures sont larges, non divisées longitudinalement, et portent deux séries transversales rapprochées de tubercules et, en dehors de ceux-ci, d'autres mamelons rangés plus ou moins régulièrement. Outre ces caractères, ces larves se distinguent notablement des deux précédentes, par un long appendice qu'elles portent à l'extrémité du dernier segment.

Nous les avons trouvées au mois de mai dans le bois mort de l'orme.

R. putaror. Des États-Unis.

Peck, Massachuss. Agric. repos. and Journ. Reproduit dans le Zool. Jour. n° 8.

Leptura. L.

L. scutellata. Fabr.

Bond, Entomol. Magaz. I, 1858, p. 212.

Strangalia. Serv.

S. elongata. Rossi.

Westwood, Intr. to the mod. class. of Ins. t. I, 1839, p. 369, fig. 44, 20.

S. aurulenta. Fabr.

Perris, Ann. des sc. nat. t. XIV, 2e sér. 1840, p. 90, Pl. III, A, fig. 26, 28; vit dans l'aulne.

S. calcarata. Fabr. (Pl. VIII, fig. 10).

Longueur 20 à 24 millim., largeur 4 à 5 millim.

Tête grande comme dans toutes les larves de cette tribu, d'un jaune brunâtre sous la partie antérieure de la tête, avec le chaperon et la lèvre supérieure, d'un brun foncé; on observe encore une ligne longitudinale brune au milieu de la plaque sus-céphalique.

Ocelles indistincts.

Antennes de trois articles; le premier plus long que les deux suivants.

Chaperon court; lèvre supérieure arrondie antérieurement, fortement ciliée en avant.

Mandibules courtes, coniques, tronquées obliquement au bout, excavées au côté interne.

Mâchoires comme dans les autres genres, portant un palpe maxillaire de trois articles: les deux premiers arrondis, le troisième cylindrique, tous de même longueur.

Lèvre inférieur sans rien de particulier.

Prothorax assez grand, portant un écusson plane et lisse en dessus; pattes bien distinctes.

Segments abdominaux portant en dessus, jusqu'au septième inclusivement, un écusson allongé transversalement, concave et rugueux, en dessous un autre écusson parcouru par un profond sillon transversal, crénelé et cilié sur ses bords.

Nous avons trouvé ces larves dans des souches de bouleaux. Elles restent trois à quatre semaines à l'état de nymphe.

Grammoptera. Serv.

G. ruficornis. Fabr.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. V, 2e sér. 1847, p. 551, Pl. IX, n° 2, fig. 8, 13.

CHRYSOMÉLINES.

De même qu'il serait bien difficile de donner par une description une idée générale de la forme des Chrysomélines à l'état parfait, de même on ne peut décrire en peu de mots les formes si variées et quelquefois si bizarres des larves de cette innombrable famille. Tout

au plus peut-on indiquer quelques-uns des caractères qui les distinguent de celles des autres familles.

Ainsi, ces larves sont de forme raccourcie, tantôt cylindrique, tantôt fortement convexe au dessus, tantôt déprimée. Leurs téguments présentent dans quelques espèces une mollesse remarquable; le plus souvent ils sont fermes et coriacés. Rarement la peau est blanche; sa couleur est le plus souvent foncée ou à reflets métalliques, quelquefois d'une teinte claire, avec des points et des lignes de nuances diverses. Le corps est ordinairement formé de treize segments, y compris la tête, et celle-ci est toujours relativement assez petite. Elle porte des antennes de médiocre longueur, des ocelles et des organes buccaux bien développés. En dessus les trois segments thoraciques sont quelquefois semblables aux segments abdominaux; dans un assez grand nombre d'espèces le prothorax se distingue par sa forme, sa couleur et la consistance de son arceau dorsal; en dessous on reconnaît facilement ces segments à la présence des pattes, qui sont grêles et courtes ou de médiocre longueur, mais toujours visibles. Les autres segments sont fréquemment munis de mamelons charnus ou écailleux, d'épines ramifiées, de tubercules sétigères, ou bien ils sont simples et de forme variable. Dans le plus grand nombre, le segment terminal se prolonge en dessous en un tube rétractile simple ou bifide, qui sert à la progression et derrière lequel aboutit le canal intestinal.

Le point le plus intéressant de l'histoire de ces larves est sans contredit l'étude des moyens auxquels elles ont recours pour se protéger, soit contre les intempéries de l'air ou l'ardeur du soleil, soit contre leurs ennemis. Ils consistent toujours dans l'emploi de leurs excréments avec lesquels elles recouvrent leur corps, et il serait intéressant de suivre, pour ainsi dire pas à pas, les perfectionnements gradués qu'elles apportent dans la construction de ce singulier abri. Mais la science est encore trop peu avancée sous ce rapport, surtout pour les espèces exotiques sur lesquelles on ne possède jusqu'à ce jour que quelques renseignements épars.

Ces larves ont une démarche lente et pénible; leur régime alimentaire est le même que celui des insectes parfaits; les végétaux, et plus spécialement les parties parenchymateuses des feuilles, forment leur nourriture. Chaque espèce est en général affectée à une plante déterminée, et le même rameau qui, au printemps, nourrit quelques individus à l'état parfait, va bientôt se charger de leurs œufs, et, dans le courant de l'été, sera dévoré par les jeunes larves qui en sortiront.

En automne, la grande majorité des espèces se dispose à se changer en nymphe, et, dans ce but, les unes s'enfoncent en terre, d'autres gagnent les racines des végétaux aquatiques ou demeurent sur les feuilles; presque toutes se construisent une coque mince, ovalaire ou arrondie. La nymphe qui apparaît bientôt ne présente rien de remarquable; elle se colore promptement, et, après un nombre de jours qui varie selon les espèces, l'insecte parfait est formé. Celui-ci dans un nombre très-restreint d'espèces, séjourne pendant tout l'hiver dans la coque de la nymphe, mais le plus ordinairement il l'abandonne pour chercher sous la mousse ou sous les écorces un abri jusqu'au retour du printemps.

Les tribus que l'on a établies dans la famille des Chrysomélines se prêtent peu à l'étude des larves; Latreille l'avait bien compris et pour la facilité des descriptions, il en avait donné une division satisfaisante : les découvertes récentes ont forcé d'en élargir le cadre et nous ne pouvons mieux faire que de suivre la nouvelle classification qu'en a donnée M. Lacordaire dans le premier volume de sa belle Monographie des Coléoptères subpentamères de la famille des Phytophages.

Nous transcrivons littéralement cette division :

I. Larves allongées; blanchâtres, subcylindriques, vivant au collet des végétaux aquatiques. Nymphes immergées, renfermées dans une coque fixée aux racines de ces plantes : *Hæmonia*, *Donacia*.

II. Larves se recouvrant de leurs excréments :

a. Larves courtes, oblongues, de couleur brunâtre, sans instrument particulier pour porter leurs excréments. Nymphes subissant leurs métamorphoses en terre. *Crioceris*, *Lema*.

b. Larves ovalaires, larges, épineuses, portant leurs excréments sur une fourche fixée à la face supérieure du segment anal. Nymphes épineuses, subissant leurs métamorphoses sur les végétaux. *Cassida*.

III. Larves mineuses.

a. Larves allongées, subcylindriques, atténuées à leurs deux extrémités. Nymphes subissant leur métamorphose dans l'intérieur des feuilles où a vécu la larve ou en terre. *Altica*.

b. Larves oblongues, atténuées à leurs deux bouts, mamelon-

nées latéralement. Nymphes habitant, comme les précédentes, l'intérieur des feuilles. *Hispa.*

IV. Larves courtes, épaisses, colorées, pourvues en général d'une fausse patte anale, le plus souvent mamelonées, sécrétant une humeur visqueuse et vivant à découvert sur les plantes. Nymphes se métamorphosant sur les feuilles ou dans le sein de la terre, conservant souvent la dépouille de la larve adhérente à l'extrémité du corps. *Eumolpides*, *Chrysomélides*, *Galérucides.*

V. Larves allongées, subcylindriques, blanchâtres, mamelonées, recourbées sur elles-mêmes à leur extrémité postérieure, logées dans des fourreaux portatifs formés de leurs excréments, vivant, tantôt sur les plantes, tantôt dans l'intérieur des fourmilières. Nymphes subissant leurs métamorphoses dans les mêmes fourreaux et dans les mêmes lieux. *Clythrides*, *Cryptocéphalides.*

On possède aujourd'hui des renseignements plus ou moins exacts sur quatre-vingt à quatre-vingt-dix larves de cette famille, et le nombre s'en accroît chaque jour, grâce au zèle de quelques entomologistes modernes. Deux tribus exotiques, il est vrai, sont cependant encore complètement inconnues sous ce rapport; ce sont celles des Sagrides et des Mégalopides.

Il faut consulter pour les mœurs des Chrysomélines en général, les ouvrages suivants :

De Géer, Mém. 1775, t. V, Mém. VI, p. 288.

Latreille, Hist. natur. des Crust. et des Insect. 1802-1805, t. XI et XII.

Ratzeburg, Die Forstins. 1837, I, p. 240 et suiv.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 370 et suiv.

Harris, Ins. of Massasach. 1841, p. 95.

Lacordaire, Monogr. des Coléopt. subpent. de la fam. des Phytophages. t. I, 1845, p. XXXVIII.

Première Division.

Elle comprend les larves de la tribu des Donacides. Plusieurs espèces sont actuellement bien décrites et présentent les caractères suivants :

Tête très-petite, subcornée, jaunâtre, à bouche dirigée en avant et un peu en bas, plus ou moins rétractile dans le segment prothoracique.

Ocelles au nombre de cinq de chaque côté, arrondis et très-petits, disposés sur deux séries transversales, la première formée de trois, la postérieure de deux. Ils manquent dans le genre *Hæmonia*.

Antennes articulées sur les bords latéraux et antérieurs de la tête, courtes, coniques, formées de quatre articles: le premier très-large et à moitié caché; le deuxième moins gros et aussi long que le précédent; le troisième un peu plus court et supportant un article double, dont l'externe est très-grêle et plus long que l'interne; celui-ci extrêmement court et terminé par une soie.

Plaque sus-céphalique présentant à sa partie antérieure un chaperon transversal bien distinct.

Lèvre supérieure charnue, très-petite, arrondie sur son bord antérieur.

Mandibules courtes, triangulaires, peu arquées, bifides au bout.

Mâchoires libres, charnues, formées d'une pièce cardinale disposée obliquement, d'une pièce basilaire renflée, cylindrique, présentant à son extrémité interne un petit lobe maxillaire, grêle, atténué, et à son côté externe un palpe maxillaire formé de deux, peut-être de trois articles.

Lèvre inférieure présentant un menton charnu, allongé, cintré en avant; deux pièces palpigères charnues, confondues à leur base; des palpes labiaux représentés par un petit tubercule; enfin un rudiment de languette simple et charnu.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux, sauf le prothorax qui présente à sa partie supérieure un écusson subcorné, rugosule et jaune-brunâtre. Pattes courtes et grêles, articulées sur les parties latérales du corps, non saillantes, formées d'une hanche large et courte, dirigée obliquement en dedans et en arrière; d'une cuisse courte, carrée; d'une jambe plus courte encore; enfin d'un tarse représenté par un petit ongle obtus.

Segments abdominaux au nombre de huit seulement, charnus, sub-cylindriques, croissant en largeur jusque vers l'extrémité qui est brusquement rétrécie; chaque segment divisé en dessus en deux parties par un sillon transversal; chaque partie munie d'une large bande de soies courtes, roussâtres et dirigées en arrière; à la région ventrale les segments ne sont pas divisés, mais présentent de même des soies un peu plus courtes que celles des arceaux dorsaux.

Le septième segment abdominal est en tout semblable aux précé-

dents; le huitième est rudimentaire et presque complètement enchassé dans le septième; sa face postérieure est aplatie et, près de son bord supérieur, sont fixés deux crochets trigones, ferrugineux et cornés, parallèles et dirigés en bas et en avant. A la base de chaque crochet se trouve une petite plaque cornée, brunâtre, divisée dans son milieu par une ligne verticale plus foncée. L'anus, sous forme d'une fente semi-lunaire à convexité dirigée en arrière, s'ouvre près de la pointe des crochets; il ne peut manifestement pas servir à la progression.

Stigmates très-petits, arrondis, rougeâtres, au nombre de neuf paires, dont sept sur les sept premiers segments abdominaux, situées à l'angle antérieur et externe des arceaux dorsaux, la huitième à l'angle antérieur inférieur du mésothorax sur un plan un peu inférieur; la neuvième à la face postérieure du segment terminal.

La larve de l'*Hæmonia Gyllenhalii* Lac., si bien décrite par M. Lacordaire, diffère sous plusieurs rapports de celles des *Donacia*. Ainsi, elle manque d'yeux et de palpes labiaux; les antennes sont de deux articles seulement; mais surtout elle possède neuf paires de stigmates latéraux, dont sept sur les sept premiers segments abdominaux; la huitième sur le mésothorax et la neuvième sur le prothorax. Cette disposition exceptionnelle rappelle la paire de stigmates que l'on trouve sur le mésothorax de deux larves exotiques de Lampyrides, décrites et figurées par M. Westwood. (Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 254, fig. 27-1, et p. 259, fig. 28-1).

Nous avons pu nous procurer en septembre 1850, la larve de la *D. sagittariæ;* M. Guérin-Méneville a mis à notre disposition celle de la *D. lemnæ*, espèce qui lui avait servi de type dans un mémoire rédigé depuis longtemps sur l'organisation et les mœurs des *Donacia*, mais qui jusqu'à ce jour est resté inédit; c'est d'après ces deux espèces et la belle description de M. Perris, que nous avons exposé les caractères ci-dessus.

Ces larves sont d'un blanc mat, sauf la tête, les parties de la bouche et l'écusson prothoracique qui sont jaunâtres; l'extrémité des mandibules et les crochets terminaux qui sont bruns; leur forme est subcylindrique, un peu aplatie en dessous, et leur plus grande largeur se trouve à l'union des trois quarts antérieurs avec le quart postérieur.

M. Koelliker a observé la ponte de la *Donacia crassipes;* les œufs

sont déposés à la face inférieure des feuilles de nénuphar sur un ou deux rangs, au pourtour d'ouvertures creusées probablement dans ce but par l'insecte parfait. Lorsque les jeunes larves sont écloses, elles se transportent au collet des plantes aquatiques, où elles séjournent jusqu'à leur entier développement qui dure de quatre à cinq mois. En automne, elles gagnent les racines des plantes sur lesquelles elles ont vécu et se construisent une coque ovalaire qu'elles fixent par son grand diamètre à ces mêmes racines. La nymphe ne présente rien de particulier et l'insecte parfait se développe en peu de temps; il passe l'hiver dans sa coque et ne l'abandonne que vers les mois de mai ou de juin de l'année suivante.

Hæmonia. Meg.

H. equiseti. Fab.

Germar, Neue Schrift. der naturf. Gesells. zu Halle, 1818, Bd. I. Heft VI, p. 35 et 36. Quelques détails sur les nymphes.

Kunze, Ibid. II. Heft IV, p. 51. Larve.

H. Gyllenhalii. Lac.

Lacordaire, Entomolog. Zeit. zu Stett. 1851, p. 265; description détaillée de la larve.

Donacia. Fabr.

D. crassipes. Fab.

Aubé, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1840. t. IX, 1re sér. Bull. p. 56; coques de nymphes trouvées aux racines des nénuphars.

Koelliker, Observ. de prima Ins. Genes. Turin 1842. p. 15; observations embryologiques; ponte des œufs.

D. Menyanthidis. Fabr.

Germar, Neue Schrift. der naturf. Gesells. zu Halle, 1810, t. I, liv. III, p. 9; coque de la nymphe.

D. lemnæ. Fab.

Guérin-Méneville, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1846. t. IV, 2e sér. Bull. p. 75 et 79.

Mulsant, Ann. de la soc. Linn. de Lyon, 2e sér. t. I, 1846.

D. sagittariæ. Fab. (Pl. IX, fig. 1).

Perris, Ann. de la soc. entom. de Fr. 2e sér. t. VI, 1848, p. 55,

Pl. II, n° 2, fig. 1-2; description exacte de cette larve et histoire assez détaillée de ses mœurs.

Deuxième Division.

Cette division comprend deux types, le premier est celui des Criocérides, dont les larves présentent les caractères suivants :

Tête de médiocre grosseur, subhémisphérique, écailleuse et lisse, à bouche formée de parties cornées et dirigée presque verticalement en bas.

Ocelles au nombre de six de chaque côté, arrondis, un peu inégaux, disposés en deux groupes; le premier formé de quatre ocelles, en arrière de l'insertion des antennes, le second de deux, situé en dessous et un peu en avant du précédent.

Antennes insérées à l'angle antérieur et externe de la plaque sus-céphalique, dans une petite excavation; formées de trois articles, dont les deux premiers très-courts, en forme d'anneaux, le troisième très-grêle, filiforme, accompagné à son côté externe d'un très-petit article articulé.

Chaperon séparé de la plaque sus-céphalique par un léger sillon, fortement transversal et échancré sur son bord antérieur.

Lèvre supérieure visible dans l'échancrure du chaperon, fermant avec lui l'espace qui sépare les mandibules.

Mandibules médiocres, peu saillantes, sub-arquées, munies à leur extrémité de plusieurs dents, dont deux principales.

Mâchoires libres, assez développées, formées à leur base d'une masse charnue où l'on a peine à distinguer la pièce cardinale; d'une pièce basilaire terminée intérieurement par un petit lobe maxillaire aplati, cilié sur son pourtour; de palpes maxillaires de quatre articles : le premier très-gros, globuleux, les deux suivants égaux et moins longs, le dernier petit et conique.

Lèvre inférieure formée d'un menton en losange allongé, tronqué en avant; de pièces palpigères confondues à leur base et divergentes, supportant des palpes labiaux uni-articulés; d'une languette représentée par un petit tubercule charnu.

Segments thoraciques plus courts et plus étroits que les segments abdominaux; prothorax recouvert en dessus d'un écusson corné, lisse, divisé sur la ligne médiane par un sillon profond; le mésothorax et le métathorax présentant sur les côtés et à leur partie inférieure de petites plaques cornées. Pattes de médiocre longueur,

formées d'une hanche aplatie d'avant en arrière, dirigée en dedans et en arrière; d'un trochanter, d'une cuisse, d'une jambe à peu près d'égale longueur ; d'un tarse court terminé par un ongle grêle, assez crochu ; ces organes sont mous et membraneux à leur partie interne.

Segments abdominaux au nombre de neuf, charnus, recouverts d'une peau fine et luisante, divisés chacun en dessus en deux parties par un sillon transverse, présentant des points épars surmontés d'une petite soie spiniliforme dirigée en avant ; en dessous, chaque arceau présente sur la ligne médiane un disque ovalaire, transversal, dont le grand axe est occupé par un sillon et les bords par des mamelons charnus. Ces disques, au nombre de huit, servent probablement à la progression, et à maintenir la larve sur les feuilles, soit en faisant l'office de ventouses, soit par la matière visqueuse dont ils sont enduits. Segment anal très-petit, présentant en dessous un tubercule bifide, et en dessus une fente transversale qui est l'anus.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux vers le milieu du bord latéral des arceaux; la neuvième tout-à-fait à l'angle antérieur externe du mésothorax, à peu près sur le même plan que les autres.

Ces larves sont courtes, ovoïdes, avec leur plus grosse extrémité en arrière; leurs téguments sont minces et ordinairement de couleur sombre.

Leurs mœurs ont été trop souvent décrites pour qu'il soit nécessaire que nous en parlions en détail. On sait qu'elles se recouvrent de leurs excréments, qui les protègent à la fois contre l'ardeur du soleil et la voracité des oiseaux, et qu'elles subissent leurs métamorphoses en terre dans une coque. Latreille (Hist. nat. des Ins. XI, p. 326) a parfaitement exposé leur histoire et nous n'avons rien à ajouter à ce qu'il en a dit.

Crioceris. Geoff.

C. merdigera. L. (Pl. IX, fig. 2).

Blankaart, Schouburg der Rupsen, Wormen, etc. 1688, p. 91, Pl. XI, G, H, I.

Larenzo Patarol, in Vallisnieri, Osserv. 1715.

Réaumur, Mém. t. III, 1737, Mém. VII, p. 220, Pl. XXVII.

Swammerdam, Bib. nat. — Trad. dans le t. V de la coll. acad. 1758, p. 532.

De Géer, Mém. 1775, t. V, Mém. VI, p. 540.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, I, p. 573, fig. 45, 12, 13.

C. brunnea. Fabr.

Boudier, Ann. de la Soc. Linn. de Paris, 1825, p. 239, Pl. I.

C. 12-punctata. Fabr.

Frisch, Beschreib. 1720, Part. XIII, p. 29, Pl. III, tab. 28, fig. 1, 2.

C. asparagi. L.

Frisch, Beschreib. 1720, Part. I, 27, Pl. VI.

Rœsel, Ins. Belustig. 1745, vol. II, cl. III, tit. IV, fig. 1.

Bouché, Naturg. der Ins. 1834, p. 204, n° 34, t. X, fig. 38.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 574, fig. 45, 13, 16, 17.

Lema. Fabr.

L. menalopa. L.

Réaumur, Mém. t. III, 1737, Mém. VII, p. 232.

Westwood, Gardin. chron. 1849, p. 324.

Cornelius, Entomol. Zeit. zu Stett. 1850, p. 20.

L. cyanella. Fabr.

Réaumur, Mém. t. III, 1737, Mém. VII, p. 235.

Cornelius, Entomol. Zeit. zu Stett. 1850, p. 19.

L. trinileata. Oliv. Des États-Unis.

Harris, Insect. of Massachuss. 1841, p. 95.

Vit sur la pomme de terre.

Troisième division.

Ce second type est en entier formé par les larves de la tribu des Cassidides, qui, par leurs formes bizarres, ont depuis longtemps attiré l'attention des naturalistes; elles présentent les caractères suivants :

Tête subglobuleuse, de médiocre grosseur, cornée, presque entièrement cachée sous le segment prothoracique, à bouche dirigée en bas.

Plaque sus-céphalique légèrement convexe, diversement im-

pressionnée, portant en avant un chaperon transversal peu allongé.

Lèvre supérieure bien développée, arrondie antérieurement, recouvrant l'extrémité des mandibules.

Antennes insérées sur les parties latérales et antérieures de la tête, dirigées en avant, formées de trois articles : le premier très-court, annulaire; le deuxième plus allongé, cylindrique; le troisième très-grêle, à peine visible.

Ocelles au nombre de quatre de chaque côté, disposés en une série transversale, un peu arquée, derrière l'insertion des antennes; tous arrondis et fortement saillants.

Mandibules très-courtes, en lame quadrangulaire, un peu convexes en dehors, et à bord terminal présentant trois à quatre petites dents aiguës.

Mâchoires libres, présentant une pièce basilaire subcylindrique, prolongée en dedans en un petit lobe triangulaire, terminé en pointe et cilié sur son bord interne, portant en dehors un palpe maxillaire très-court, formé de deux articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton assez gros, transversal, présentant en avant une masse charnue, résultant probablement de la soudure des pièces palpigères et sur laquelle s'insèrent des palpes labiaux de deux articles, très-courts; entre eux s'élève une petite languette représentée par un tubercule charnu.

Segments thoraciques ordinairement bien distincts de ceux de l'abdomen, recouverts en dessus d'écussons coriacés; prothorax très-grand, formant la partie la plus avancée du corps; rugueux et diversement impressionné, présentant sur ses bords de chaque côté, quatre prolongements grêles, coniques, de longueurs inégales, garnis sur leurs bords de spinules plus ou moins nombreuses et plus ou moins longues : les deux antérieurs ordinairement rapprochées; le mésothorax et le métathorax présentant aussi chacun deux appendices semblables de chaque côté.

Pattes très-courtes, épineuses et fortes, insérées sur les parties latérales du corps, formées d'une hanche très-raccourcie, dirigée de dehors en dedans, d'une cuisse un peu plus longue, d'une jambe très-courte, enfin d'un tarse représenté par un ongle simple et crochu.

Segments abdominaux au nombre de huit, moins longs que les segments thoraciques, munis de chaque côté d'un appendice épineux variable pour la longueur et la direction; le dernier portant en outre à sa partie supérieure un appendice plus ou moins pro-

fondément bifurqué, à branches simples ou spinuleuses de longueur variable; l'anus s'ouvrant à la face supérieure du segment terminal et pouvant se prolonger plus ou moins entre les deux branches de l'appendice.

Stigmates au nombre de huit paires, dont sept sur les sept premiers segments abdominaux, situées vers le bord externe des arceaux dorsaux, vis-à-vis des appendices latéraux; la huitième paire à l'angle externe et postérieur du prothorax; ces stigmates sont souvent portés sur un prolongement charnu plus ou moins saillant.

Ces larves ont une forme ovalaire, un peu rétrécie en arrière et déprimée. Comme celles des *Crioceris*, elles se recouvrent de leurs excréments, mais ceux-ci sont disposés d'une manière différente : la fourche que porte le segment terminal se replie vers la partie antérieure de l'insecte, de manière à former avec le corps un angle ouvert en avant; l'anus s'ouvre près de cet appendice, et lorsque la larve rejette ses excréments, ils sont retenus sur la fourche; par suite de leur accumulation, ils sont poussés en avant, se collent les uns aux autres, et forment ainsi une espèce de toit sous lequel la larve disparaît presque en entier. Cette espèce d'opercule formé des excréments de la larve, quelquefois aussi des dépouilles de ses mues, présente divers degrés d'inclinaison, selon les espèces. Du reste, la forme des appendices caudaux, la forme et la disposition des fèces présentent des variétés nombreuses et particulières à chaque espèce.

La larve se change en nymphe sur les feuilles des végétaux, en s'y fixant par la partie inférieure des deux premiers segments abdominaux. La nymphe, qui porte à son extrémité postérieure la dépouille pelotonnée de la dernière mue, présente des formes extrêmement bizarres, et notablement différentes de celles de la larve; ces différences portent surtout sur les appendices et la forme du prothorax. Sauf ces quelques particularités, les mœurs de ces insectes ont la plus grande analogie avec celles des *Crioceris*.

Cassida. L.

C. austriaca. Herbst.

Bach, Entom. Zeit. zu Stett. 1851, p. 158.

C. chloris. Suffr.

Cornelius, Entom. Zeit. zu Stett. 1847, p. 359, et 1851, p. 91.

C. denticollis. Suffr.

Cornelius, Entomol. Zeit. zu Stett. 1847, p. 559, et 1851, p. 91.

C. equestris. Fabr.

Gravenhorst et Scholtz, Beobacht. über die Verwandl. der Schildkr. p. 455, Pl. 75, fig. 5, 6. Dans les Act. Acad nat. curios.

Cornelius, Entom. Zeit. zu Stett. 1847, p. 559.

C. ferruginea. Fabr.

Cornelius, Entom. Zeit. zu Stett. 1847, p. 559, et 1849, p. 22.

C. languida. Corn.

Cornelius, Entom. Zeit. zu Stett. 1851, p. 91.

C. murræa. L.

Goedart, Métam. nat. t. III, p. 84, n° 44, 1700.

Lyonnet, Mém. posth. p. 119, Pl. XII, fig. 7, 8.

Kirby, Trans. of the Linn. soc. t. III, p. 7-11.

Gravenhorst et Scholtz, Beobach. der Schildkr. p. 455, Pl. 75. fig. 1-4.

Pflümer, Entom. Zeit. zu Stett. 1848, p. 91.

C. maculata. L.

Kirby, Trans. of the Linn. soc. t. III, 7-11.

L. Dufour, Ann. des sc. natur. 1847, t. VII, 3e sér. p. 14. (Pl. XVII, fig. 22-24 du vol. précéd.)

C. nebulosa. L.

Guérin-Méneville, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. IV, 1846, 2e sér. Bull. p. 71.

Cornelius, Entom. Zeit. zu Stett. 1846, p. 597.

C. obsoleta. Ill.

Gardiner, Magaz. of nat. Hist. 1837, p. 276.

C. 14-maculata. Latr.

Latreille, Ann. du Mus. t. I, p. 295, 1802, et Hist. nat. des Crust. et des Ins. t. XII, p. 22, 1802-1805.

C. rubiginosa. Illig. (Pl. IX, fig. 4).

Cornelius, Entom. Zeit. zu Stett. 1846, p. 596.

C. sanguinosa. Creutz.

Cornelius, Entom. Zeit. zu Stett. 1846, p. 591.

C. tigrina. De Géer.

Frisch, Beschreib. 1720, 4e part. p. 30, Pl. 15.

De Géer, Mém. 1775, t. V, Mém. IV, p. 169, Pl. V, fig. 19-25.

Gravenhorst et Scholtz, Beobacht. über die Verw. der Schildkr. t. XIX, II, p. 457.

C. vibex. L.

Kirby, Trans. of the Linn. soc. 1779, t. III, p. 7-11. (*C. liriophora*, Marsh.)

Cornelius, Entom. Zeit. zu Stett. 1846, p. 397.

C. viridis. L.

Blankaart, Schouburg der Rupsen, Wormen, etc. 1688, p. 89, Pl. XI, fig. D, E, F.

Rœsel, Insect. Belust. 1746, III, p. 15, nº VI, Pl. VI.

Gœdart, Métam. nat. 1700, t. III, p. 85, nº 45.

Réaumur, Mém. 1737, t. III, Mém. VII, p. 254, tab. 18.

De Géer, Mém. 1775, t. V, Mém. IV, p. 175.

Lyonnet, Mém. posth. p. 117, Pl. XII, fig. 1-2.

Herbst, Naturg. 1799, t. VIII, p. 211.

Kirby, Trans. of the Linn. Soc. t. III, p. 7-11.

Strom, Nogle Insect-Larves med deres forwandling; Ny Saml. d. Norske Selskskrist, t. 2, p. 375.

Latreille, Règn. anim. de Cuvier, 3e édit. 1836, éd. Brux. p. 88.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 378, fig. 46 (10-11).

Gravenhorst et Scholtz, Beobacht. über d. Verwandl. der Schilkr. p. 436.

M. L. Dufour rapporte dans son *Anatomie des Coléoptères*, p. 238, que la larve de la *C. viridis* est souvent attaquée par un parasite, qu'il a nommé *Ocyptera cassidæ*.

C. Bengalensis. Grav. et Sch. Des Indes or.

Gravenhorst et Scholtz, Beobach. über die Verw. der Schildkr. p. 457, Pl. 75, fig. 7-8.

C. ampulla. Oliv. De l'île de Haïty.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, I, p. 379. Quelques mots seulement.

Une dernière espèce a été décrite sans nom par le général Hardwicke, Magaz. of nat. Hist. t. XVI. M. Westwood, dans son Intr. fig. 46 (13) a représenté cette larve qui se trouve à Calcutta.

Troisième division.

A.

Les larves qui rentrent dans ce groupe forment également deux types dont le premier est constitué par la tribu des Hispides ; elles ont au premier aspect quelque analogie avec certaines larves de Longicornes, notamment celles des *Callidium*.

Tête cornée, petite relativement au reste du corps, en partie rétractile dans le segment prothoracique, portant des antennes à peine perceptibles, des mandibules assez fortes, triangulaires et légèrement dentées sur leur bord interne.

Thorax formé de segments semblables à ceux de l'abdomen; le prothorax large, un peu plus long que les deux segments suivants, recouvert en dessus d'un écusson corné; pattes médiocrement développées et terminées par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de huit, plus étroits que les segments thoraciques, diminuant de largeur jusqu'au dernier ; chaque segment portant latéralement de chaque côté un tubercule brun assez saillant.

Stigmates au nombre de huit paires, dont sept sur les sept premiers segments abdominaux, au bord externe des arceaux dorsaux et portés sur de petites éminences charnues; le huitième se trouve placé à l'angle antérieur et externe du mésothorax.

Ces larves, que nous n'avons pas pu nous procurer jusqu'à ce jour, sont d'un blanc jaunâtre, sauf la tête, les pattes, les tubercules latéraux, la plus grande partie des arceaux dorsaux du prothorax et du segment terminal, qui sont brunâtres. Elles vivent, comme beaucoup de larves d'*Altica*, dans le parenchyme des feuilles et y accomplissent de même leurs métamorphoses.

Harris, Boston Journ. of natur. Hist. 1835, t. I, p. 141.

Weswood, Intr. to the mod. class. 1839, I, 380, fig. 45, 21. (*H. suturalis*).

Hispa. L. (Pl. IX, fig. 6)

M. le Dr Harris (loc. cit.) a décrit les larves et les nymphes de quatre espèces de ce genre : les *H. rosea*, *quercifoliæ*, *suturalis* et *vittata*. Il a aussi observé que ces larves sont attaquées par un Ichneumon qu'il nomme *I. Hispæ*.

B.

Les larves des *Altica* forment le second type de la division actuelle. Toutes n'ont cependant pas les mêmes mœurs; ainsi, l'une des espèces les plus grandes de nos pays (*A. oleracea*) vit à découvert et se trouve en grande quantité sur les feuilles de coudrier. C'est d'après elle que nous exposerons les caractères de ces larves.

Tête de grosseur médiocre, arrondie, convexe en dessus, cornée, à bouche dirigée en bas et en avant, formée de parties cornées.

Ocelles non visibles.

Antennes insérées à l'angle antérieur et externe de la plaque suscéphalique, dans une petite excavation arrondie; dirigées en avant et formées de trois articles : le premier court, assez gros, le deuxième très-petit, annulaire, présentant à son extrémité au côté interne un petit appendice terminé par une soie, du côté interne; le troisième article grêle et plus allongé.

Plaque sus-céphalique présentant un chaperon distinct, limité par un sillon transverse.

Lèvre supérieure assez grande, un peu charnue, arrondie sur son bord antérieur.

Mandibules médiocres, peu arquées, assez larges à leur extrémité qui est divisée en plusieurs dents assez aiguës.

Mâchoires libres, formées d'une pièce basilaire bien développée, convexe en dehors, terminée antérieurement par un petit lobe continu; de palpes maxillaires longs, coniques, formés de quatre articles, dont le dernier plus long, acuminé.

Lèvre inférieure formée d'un menton asssez grand, rétréci d'arrière en avant; de pièces palpigères confondues à leur base; de deux palpes labiaux de deux articles, entre lesquels se trouve sur un plan un peu supérieur, un renflement charnu représentant la languette.

Thorax composé de segments à peu près semblables aux segments abdominaux; prothorax présentant en dessus une plaque écailleuse diversement impressionnée; pattes de médiocre longueur, formées d'une hanche obconique dirigée obliquement en dedans et un peu en arrière; d'un trochanter court; d'une cuisse et d'une jambe à peu près d'égale longueur; d'un tarse formé d'un seul article comprimé,

supportant un ongle grêle; l'article du tarse seul est membraneux à sa partie interne.

Segments abdominaux au nombre de neuf, semblables entre eux, charnus, recouverts, ainsi que les deux segments thoraciques postérieurs, de petites plaques écailleuses, sétigères, luisantes, diversement disposées tant sur la face dorsale que sur la face opposée; segment anal étroit, arrondi, uniformément coloré, présentant en dessous un prolongement bifide servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux au bord externe des arceaux dorsaux; la neuvième située sur le mésothorax, à l'angle antérieur et externe.

Ces larves sont de forme allongée, linéaire et subcylindrique, recouvertes de soies ou de poils plus ou moins serrés; le plus ordinairement de couleur jaune sale et marquées de points et de plaques de nuance plus sombre. L'insecte parfait dépose ses œufs sur les feuilles ou sous leur pellicule épidermique; les jeunes larves qui en sortent vivent de même, soit à la surface des feuilles dont elles rongent le parenchyme seulement (*H. oleracea*), soit dans l'intérieur même de ces organes, qu'elles creusent de galeries sinueuses (*H. nemorum*). Pour se métamorphoser en nymphe, ce qui arrive dans le courant de l'été, les premières se fixent par l'extrémité anale et attendent leur développement en insecte parfait sur les feuilles, exceptionnellement en terre; les secondes se creusent dans le parenchyme une loge où elles subissent leurs métamorphoses en nymphe et en insecte parfait.

Quelques anciens auteurs ont consacré des articles spéciaux aux larves mineuses des feuilles, mais il est difficile de rapporter avec quelque certitude les observations qu'ils ont données, à l'une ou l'autre espèce.

Frisch, Beschreib. 1720. 4e partie, p. 41, tab. XXIV.

Réaumur, Mém. t. III, 1737, Mém. I, p. 53, Pl. II, fig. 18.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1803, t. XI, p. 337.

Brullé, Ann. de la soc. entom. de Fr. 1833, t. IV, 1re sér. Pl. VIII. Observations sur la ponte d'un *Altica*, qui a lieu dans les graines des crucifères.

Ratzeburg, Die Forstinsect, 1837, I, P. p. 242.

Haltica. L.

H. nemorum. L.

Lekeux, Trans. of the Ent. soc. of Lond. t. II, 1837, p. 24, Pl. IV, fig. 2.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 583, fig. 47 (8).

H. vitivora. Des Etats-Unis.

Silliman, Americal Journal n° 54.

H. erucæ. Fab.

Bouché, Entom. Zeit. zu Stett. 1847, p. 165.

Cette larve est allongée, rétrécie en arrière, d'un noir profond, recouverte sur le dos de tubercules sétigères, avec la poitrine et les pattes d'une couleur olive. Elle se trouve en juillet à la face inférieure des feuilles de chêne.

H. oleracea. Fabr.

Elle est d'un jaune sale, avec des taches subécailleuses, setigères, d'un brun verdâtre; sa forme est linéaire et atténuée à ses deux extrémités. Les segments abdominaux sont divisés par un sillon transversal médian : chaque moitié d'arceau présente au milieu une tache transversalement allongée; de chaque côté de celle-ci deux autres taches arrondies, et une autre à l'extrémité du sillon. En dehors des stigmates, on trouve encore des bourrelets longitudinaux, qui font paraître l'abdomen tuberculeux latéralement. En dessous on observe cinq séries longitudinales de taches. Le segment anal est étroit, arrondi, uniformément coloré. Nous avons trouvé cette larve sur les feuilles du coudrier (*Corylus avellana*) dont elle ronge le parenchyme.

H. hemispherica. Duft.

Hammerschmidt, Observat. patholog. de plantarum gallar. ortu. Viennæ 1832, Pl. I.

Cyrtonus. Dalm.

C. rotundatus. Dej.

Mulsant et Wachanru, Mém. de l'Acad. des Scienc., Belles-lettres et Arts de Lyon, 1849.

Quatrième Division.

Les larves comprises dans ce groupe appartiennent aux tribus des Chrysomélides, Eumolpides et Gallérucides. Elles présentent ce caractère commun de vivre complètement à découvert sur les feuilles des végétaux auxquels elles sont souvent très-nuisibles. Leurs mœurs sont en général les mêmes que celles des *Crioceris* avec lesquelles elles présentent une grande analogie de conformation ; nous n'avons cependant retrouvé dans aucune espèce de ce groupe les disques charnus que nous avons signalés à la face ventrale de ces dernières. Une autre différence consiste en ce que le palpe labial qui est uni-articulé chez les *Crioceris*, est bi-articulé dans les larves actuelles.

Timarcha. Meg.

Les larves de ce genre sont de forme très-courte, fortement convexe en dessus et de couleur uniforme à reflets métalliques ; leurs téguments sont coriacés et subréticulés. Leur tête est médiocre, pourvue d'antennes de trois articles, de six ocelles de chaque côté ; sauf les palpes labiaux qui sont bi-articulés, les parties de la bouche ressemblent à celles des larves de *Crioceris*. Le segment terminal est conique et se prolonge en dessous en un appendice bifide servant à la progression ; les stigmates sont au nombre de huit paires : la première située à l'angle inférieur antérieur du mésothorax, les sept autres sur les sept premiers segments abdominaux, vers le milieu du bord externe des arceaux dorsaux. Il nous a été impossible de trouver la neuvième paire, malgré les recherches les plus attentives.

La seule espèce du genre qui ait été décrite est la suivante :

T. tenebricosa. Fab.

Schaeffer, Abhandl. von Ins. vol. III, art. 5. 1764.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, I, p. 588, fig. 48 (25).

Chrysomela. Linn.

Les caractères que nous venons d'indiquer conviennent encore à la larve de la *C. violacea* que nous avons sous les yeux, et probablement à celles de la plupart des espèces de ce genre ; mais ici on

retrouve les neuf paires de stigmates, dont une sur le huitième segment abdominal.

C. fulgida. Fab.

Letzner, Ubers. der Arb. der Schlesis. Gesells. 1841, p. 105; vit sur le *Tanacetum vulgare.*

C. hæmoptera. L.

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VI, p. 312, Pl. IX, fig. 14-15; vit sur le Mille-pertuis.

C. violacea. Fab. (Pl. IX, fig. 3).

Cette larve, que l'on trouve en si grande abondance en été sur différentes espèces de Menthes, nous a présenté les caractères suivants :

Tête subhémisphérique, un peu convexe en dessus, arrondie sur les côtés, lisse sur le vertex, légèrement impressionnée transversalement à sa partie antérieure, où elle présente un chaperon bien distinct.

Lèvre supérieure assez grande, transversale, légèrement échancrée en avant.

Mandibules médiocres, non saillantes, en lame quadrangulaire, un peu convexes en dehors, terminées par cinq dents dont deux plus fortes.

Ocelles au nombre de six de chaque côté; le premier groupe formé de quatre, en losange, derrière les antennes, le second de deux ocelles distants, en dessous du premier et un peu en avant.

Antennes de quatre articles, dont le premier très-grand, les trois suivants courts, coniques; le troisième présente au côté interne de l'article terminal, un petit article appendiculaire terminé par une soie.

Mâchoires, lèvre inférieure et palpes labiaux semblables à ceux des *Crioceris.*

Prothorax plus long que les deux segments suivants, lisse, présentant un sillon le long de ses bords; les autres segments semblables aux segments abdominaux; pattes de longueur médiocre.

Segments abdominaux fortement convexes en dessus, divisés chacun en deux parties par un sillon transversal. Nous avons déjà signalé plus haut les neuf paires de stigmates.

Cette larve est glabre, courte, contractée, de forme ovoïde à grosse extrémité postérieure; de couleur brun verdâtre obscur, à reflets

submétalliques; la tête, le prothorax et la partie externe des jambes sont d'une nuance plus foncée.

C. americana. L.

Cette larve, dont nous sommes redevables à M. Jacquelin-Duval, a été trouvée aux environs de Toulouse sur la lavende cultivée (*Lavendula vera*). Elle présente la même organisation et la même forme générale que l'espèce ci-dessus; seulement elle a au bord externe des arceaux supérieurs du mésothorax et du métathorax deux taches semi-lunaires, assez grandes, d'un brun verdâtre, que l'on ne retrouve pas dans la *C. violacea.* Les deux impressions de la plaque sus-céphalique sont aussi un peu plus fortes, et la tête offre un léger reflet métallique.

Lina. Meg.

Les *Lina*, à l'état de larve, diffèrent un peu des espèces précédentes. Leur corps, de forme raccourcie, est bien moins convexe en dessus, ovalaire et atténué à ses deux extrémités, de couleur jaunâtre, et orné de taches et de lignes d'un noir brillant. La disposition de ces taches est à peu près la même dans les diverses espèces que l'on a étudiées; la larve si bien connue de la *Lina populi* nous servira de type :

Le prothorax présente à sa face supérieure un écusson transversal bordé de noir, et de chaque côté un point de même couleur; les deux segments suivants ont des taches semblables, chacun d'eux étant pourvu de chaque côté près de la ligne médiane, de deux points; un troisième un peu plus en dehors, se voit au côté externe de ce dernier, puis un fort tubercule conique, et, tout-à-fait latéralement, deux autres points.

Chacun des segments abdominaux présente de chaque côté, une tache transversale allongée, près de la ligne médiane; en dehors un tubercule conique, puis un point, enfin latéralement un tubercule arrondi, de sorte que l'abdomen entier offre de chaque côté quatre séries de points noirs. En partant de la ligne médiane la première est formée de taches transversales, la seconde de tubercules coniques qui donnent issue à des tubes à l'état vivant, la troisième de petits points noirs arrondis où s'ouvrent les stigmates; enfin la quatrième, tout-à-fait latérale, de tubercules arrondis. En dessous, l'abdomen présente en tout cinq séries : une médiane, deux latérales très-rapprochées de la première et deux externes. La tête, les pattes

et le dernier segment sont, de même que tous ces points ou tubercules, d'un noir profond et luisant.

Quant à l'organisation céphalique, aux neuf paires de stigmates, et au prolongement anal bifide servant à la progression, ils sont les mêmes que dans les *Timarcha*.

Lorsqu'on touche la larve vivante elle fait sortir par les tubercules coniques, des tubes membraneux qui répandent un suc blanchâtre dont l'odeur se rapproche beaucoup de celle des amandes amères. Elle subit ses métamorphoses sur les feuilles; la dépouille de la dernière mue se trouve pelotonnée à l'extrémité caudale de la nymphe, qui est maculée à peu près comme la larve.

De plus longs détails sur l'histoire de ces larves se trouvent dans les auteurs suivants :

Kirby et Spence, Einleitung in die Entomol. II, p. 279.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 332.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I. p. 241.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 588 et suiv. fig. 48.

Lina populi. L. (Pl. IX. fig. 7).

Goedart, Métam. natur. n° 118. 1700

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720 V, Pl. VII, tab. VIII.

Albin, Natur. histor. of Engl. Ins. 1720. Pl. 65.

Lyonnet, Mém. posth. p. 125, Pl. 12, fig. 56-57.

De Géer, Mém. 1775, t. V, Mém. VI, p. 291, pl. VIII, fig. 18-20.

Schaeffer, Abhandl. von Ins. 1764-1779, t. III, art. 4.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 589, fig. 48, 9-16.

Klingelhœfer, Entom. Zeit. zu Stett. 1843, p. 85.

L. tremulæ. Fab.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I, p. 245, Pl. XX, fig. 5.

Klingelhœfer, Entom. Zeit. zu Stett. 1843, p. 85.

L. scripta. Fab. Des Etats-Unis.

La larve de cette espèce, rapportée de la Nouvelle-Orléans et que nous devons à l'obligeance de M. Guérin-Méneville, présente la plus grande analogie avec celle de la *Lina populi*; sa taille est un peu moins considérable, les taches sont proportionnellement moins éten-

dues et d'un brun noirâtre; quant à leur disposition et leur forme, elles sont les mêmes dans les deux espèces.

L. œnea. L.

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VI, p. 306, Pl. IX, fig. 8-12.

L. Escheri. Heer, (var. *collaris* Suff.)

Heer, Observ. entomol. 1836, p. 31.

? *L. dorsalis.* Fab.

Lyonnet, Mém. posth. p. 124, Pl. XII, fig. 29-30.

Gastrophysa. Chev.

G. Polygoni. L.

Les larves de cette espèce, que nous avons trouvées sur le *Polygonum aviculare*, présentent la même organisation que les *Lina*. Elles sont d'un blanc jaunâtre; la tête, les pattes sont d'un brun foncé, de même que deux lignes longitudinales sur les bords latéraux du corps; celui-ci est recouvert de poils longs assez nombreux.

Phratora. Chev.

P. vitellinæ. L.

La larve rappelle tout-à-fait pour la forme du corps et l'organisation des parties de la bouche, celle de la *Lina populi*; la disposition des taches est aussi la même. Le corps est d'un jaune sale; la tête, les pattes, les taches sont d'un brun sombre; celles-ci sont surmontées de une ou deux longues soies : comme les taches sont très-grandes, l'aspect général de la larve paraît d'une nuance plus foncée.

Rœsel, Insect. Belustig. vol. II. cl. III. tit. 1, fig. 2. 1745.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, I, p. 389, fig. 48-18.

? *Ph. betulæ.*

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VI, p. 319, Pl. IX, fig. 28-30.

Helodes. Fab.

H. aucta. Fab.

Les larves de cette espèce, que nous avons trouvées sur le *Ranunculus flammula*, ont une forme plus cylindrique et plus acu-

minée en arrière que celle des larves de la *Phratora vitellinæ*. Leur couleur est d'un jaune brunâtre, avec la tête, les pattes, et les taches d'une teinte brune assez sombre; on observe du reste le même nombre de séries longitunales de points, et la plus grande différence consiste dans le nombre des taches des séries médianes, bien plus considérable dans cette espèce; car tandis que dans les larves de la *Phratora vitellinæ* et de la *Lina populi* chaque segment abdominal présente seulement une tache sub-médiane, ici chaque arceau en a deux un peu inégales et placées l'une au bord antérieur, l'autre au bord postérieur de l'arceau; le corps est recouvert de petites soies courtes, pâles et éparses.

H. phellandrii. L.

Boie, Entomol. Zeit. zu Stett. 1850, p. 360. La larve, qui est noire, vit dans la tige creuse du *Sirum latifolium*, près du collet.

Gonioctena. Chev.

G. rufipes. Payk.

Cette larve que nous avons trouvée vivant en société sur un jeune peuplier, a beaucoup de ressemblance pour la forme générale du corps avec celle de la *Phratora vitellinæ*, mais elle est un peu plus grande et plus allongée. L'organisation de la tête et des parties de la bouche est la même que dans les *Chrysomela*; la couleur du fond est d'un jaune brunâtre clair, avec la tête, les pattes, l'écusson du prothorax, les deux ou trois derniers segments, ainsi que les taches, d'un noir brunâtre. L'arceau dorsal de chaque segment, sauf celui du prothorax, est divisé en deux parties égales par un sillon transverse bien marqué La série longitudinale de points, la plus rapprochée de la ligne médiane, est formée de taches nombreuses, confluentes avec celles de la série opposée, chaque arceau en présentant deux; en dehors de cette première série on peut encore en compter cinq autres, non compris la série latérale qui est composée de renflements ovoïdes. Les stigmates, qui forment la plus externe de ces cinq séries, sont petits, arrondis, et d'un noir brillant. Ces taches brunâtres, allongées pour la plupart dans le sens transversal, portent à leur sommet de longs poils d'un jaune clair, peu nombreux et dirigés en arrière.

G. 5-punctata. Fab.

Cornelius, Entom. Zeit. zu Stett. 1850, p. 19.

Spartophila. Chev.

S. 6-punctata. Fab.

Heeger, Isis, 1848, p. 322, tab. 3.

S. litura. Fabr.

Cette petite larve que l'on rencontre si fréquemment dans le courant de l'été sur le genêt, ressemble à la larve de la *Gonioctena rufipes*, dont elle présente tous les caractères. Chaque segment, en exceptant le prothorax, est divisé à sa face supérieure en deux parties par un sillon profond; chaque arceau dorsal présente ainsi l'aspect de deux bourrelets transversaux juxta-posés. La larve est d'un blanc jaunâtre clair, y compris la tête; l'extrémité du labre, des mandibules, les six ocelles, les stigmates et les tarses sont d'un brun foncé; tout le corps est hérissé de nombreuses soies d'un fauve-clair, allongées, un peu plus courtes en dessous qu'en dessus.

Colaphus. Meg.

C. barbarus. Fabr.

Joli, Ann. des Sc. nat. 1844, t. II, 3e sér. p. 5, Pl. III. (*Colaspis atra*).

Dufour, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1836, t. VI, p. 372. (*Colaspis barbara*).

Daube, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. V, 1837, p. 49. (*Colaspis barbara*).

Luperus. Geoff.

On ne possède sur les larves de ce genre que des renseignements peu détaillés donnés par Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I. p. 245.

Galeruca. Geoff.

Les larves de ce genre sont de forme plus allongée, plus linéaire que celle des *Chrysomela;* la bouche est composée des mêmes parties que chez les *Crioceris;* mais ici la plaque sus-céphalique ne présente qu'un seul ocelle de chaque côté, en arrière de l'insertion des antennes. Le prolongement anal, au lieu d'être bifide comme dans les *Timarcha* et les *Chrysomela*, est simple et assez gros. Les larves des *Galeruca* sont ordinairement de couleur sombre; les grandes espèces indigènes sont en entier d'un noir profond et mat, souvent recouvertes de longs poils jaunâtres, plus ou moins nom-

breux; les arceaux dorsaux sont sillonnés transversalement et ornés, comme ceux des *Lina*, de plaques ou taches tuberculiformes d'un noir brillant. La larve de la *Galeruca rustica* que l'on rencontre en si grande abondance au mois de mai sur la centaurée des prés, au lieu de points, présente des prolongements cylindriques assez élevés et hérissés de longs poils.

Pour se métamorphoser ces larves s'enfoncent en terre et la nymphe est ordinairement de nuance plus claire que la larve : au bout de quelques semaines, l'insecte parfait s'est développé et sort de sa retraite.

Outre les auteurs que nous citons dans l'énumération des espèces on peut encore consulter :

Latreille, Hist. natur. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 334.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 282.

G. tanaceti. Fabr.

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VI, p. 300, Pl. VIII, fig. 28, 29.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 382, fig. 46, 21.

Hornung, Bericht. des Naturf. Vereins des Harzes, 1847-1848.

G. alni. L.

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VI, p. 306, Pl. IX, fig. 21-22.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 205, n° 36.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I, p. 244, tab. XX, fig. 6.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 383, fig. 47, 4.

G. nymphææ. L.

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VI, p. 327, Pl. X, fig. 3, 4.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, I, p. 382, fig. 46, 15.

G. capreæ. L.

Ratzeburg, Die Fortins. 1837, I, p. 244, Pl. XX, fig. 5.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, I, p. 383, fig. 47, 2.

G. viburni. Payk.

Bouché, Naturg. der Insekt. 1834, p. 204, n° 35.

G. rustica. Schall.

Rœsel, Insect. Belust. vol. II, cl. III, tab. V, fig. 1, 2.

Eumolpus. Fabr.

E. vitis. Fabr.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XI, p. 331.

Walkenaer, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. V, 1re sér. 1836, p. 247.

Guérin-Méneville, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. IV, 1re sér. 1846, Bull. p. XXXV.

Cette espèce pond au pied des vignes; au printemps suivant la larve attaque les feuilles de cette plante.

Cinquième division.

Cette division est formée par deux grandes tribus, celles des *Cryptocéphalides* et des *Clythrides*. Leurs larves ont pour caractère commun de vivre dans des fourreaux qu'elles traînent après elles; leur organisation, qui est, à peu de chose près semblable, peut être définie de la manière suivante :

Tête assez grosse, sub-circulaire en dessus, un peu déprimée, cornée, à bouche dirigée en bas et en avant, formée de parties cornées.

Ocelles au nombre de six de chaque côté, dont quatre en arrière de l'insertion des antennes, les deux autres un peu en dessous; tous arrondis et à peu près d'égale grandeur.

Antennes insérées vers le bord antérieur externe de la plaque sus-céphalique, dans une légère excavation, dirigées en avant, coniques et formées de trois articles : le premier très-gros et court; le deuxième plus grêle et plus long, le troisième arrondi, tuberculiforme, accompagné à sa base d'une soie placée à son côté externe.

Plaque sus-céphalique sinuée en avant, sans chaperon distinct.

Lèvre supérieure extrêmement courte, ciliée sur son bord antérieur.

Mandibules faibles, petites, en lamelle triangulaire, un peu épaissies à leur base, munies de deux fortes dents à l'extrémité.

Mâchoires soudées avec la lèvre inférieure, formant avec elle une pièce quadrangulaire logée dans une profonde échancrure de la plaque sous-céphalique; composées d'une pièce cardinale petite et disposée obliquement; d'une pièce basilaire très-grande, aplatie,

présentant à son extrémité un petit lobe mobile d'une seule pièce, cilié sur son bord, et un palpe maxillaire court, conique, formé de quatre articles.

Lèvre inférieure formée d'un menton très-grand, soudé aux pièces basilaire et cardinale des mâchoires; de pièces palpigères confondues à leur base; de palpes labiaux bi-articulés, et d'un petit rudiment de languette.

Segments thoraciques semblables aux segments abdominaux, sauf le prothorax, lequel est recouvert en dessus d'un écusson corné assez ferme; pattes assez longues, formées d'une hanche allongée, conique, dirigée fortement en dedans et un peu en avant; de trochanters courts; de cuisses un peu plus longues; de jambes plus longues encore, comprimées d'avant en arrière et garnies sur leurs bords de soies et d'aspérités; d'un tarse représenté par un ongle très-long, aigu, faiblement arqué. Les pattes ne présentent pas à leur partie interne cette membrane molle, spongieuse, qu'on retrouve chez tant de Chrysomélines.

Segments abdominaux au nombre de neuf, tous charnus, fortement convexes en dessus où ils présentent de nombreux sillons transverses; ces sillons manquent à la face inférieure, ce qui permet d'apprécier plus facilement le nombre des segments. L'anus se présente sous la forme d'une fente transversale.

Stigmates au nombre de neuf paires, dont huit sur les huit premiers segments abdominaux; la neuvième située à l'angle inférieur et antérieur du mésothorax.

Ces larves sont d'un blanc jaunâtre, avec la tête, l'écusson prothoracique, et l'extrémité des pattes d'un rouge brunâtre; le corps est recouvert çà et là de quelques poils, un peu moins rares sur les parties antérieures. L'abdomen est fortement épaissi et replié sur lui-même dans sa moitié postérieure, de sorte que l'anus s'avance jusque vers la dernière paire de pattes.

Les fourreaux dans lesquels demeurent ces larves sont de forme ovoïde ou cylindrique, diversement ornés et conformés; noirâtres, brunâtres ou grisâtres; plus convexes en dessus qu'en dessous; coupés obliquement de haut en bas et d'avant en arrière à leur partie antérieure, plus larges à la partie opposée et recouverts dans quelques espèces de poils plus ou moins longs dont la nature est inconnue. Il est actuellement reconnu que ces fourreaux sont formés des excréments des larves.

Nous extrayons de l'excellent Mémoire de M. Rosenhauer cité

plus bas un court exposé de l'histoire de ces larves. Les insectes parfaits s'accouplent dans les mois de juin et de juillet ; la femelle pond de vingt à trente œufs allongés, cylindriques, jaunâtres et luisants. D'après les observations de Géné et de M. Rosenhauer, la femelle, retenant les œufs entre ses tarses postérieurs, les entoure d'une couche d'excréments régulièrement disposés, et qui plus tard doit former le fourreau de la jeune larve. Celle-ci éclot quatorze à dix-huit jours après la ponte, mais n'atteint son complet développement, du moins pour les espèces que l'on a étudiées, qu'après deux ou trois étés. Jamais ces larves n'abandonnent leurs fourreaux ; mais lorsque par l'effet de la croissance, ils deviennent trop petits, elles l'agrandissent en y ajoutant de nouvelles pièces. Lorsqu'elles veulent changer de peau, elles en ferment l'ouverture par un opercule composé de même substance que le fourreau. Elles agissent de même quand le temps de la métamorphose en nymphe s'approche, et se retournent dans leur loge, c'est-à-dire que par un mouvement de bascule, la tête se trouve placée vis-à-vis du fond. Nous avons observé souvent des fourreaux vides, appartenant à la *Clythra 4-punctata*, collés par leur ouverture antérieure à des fragments debois, des bûchettes, des pierres ; un fait analogue s'observe aussi dans quelques larves exotiques qui attachent leurs fourreaux au tronc des arbres. Par cette manœuvre, la larve ferme sa cellule avec moins de frais et en même temps l'insecte parfait sort avec plus de facilité.

Les larves des Cryptocéphalides se trouvent dans leur jeune âge sous les haies, dans le gazon où elles se nourrissent de feuilles sèches, mais parvenues à un certain degré de développement, elles vont sur les buissons chercher les feuilles fraîches.

La manière de vivre des Clythrides n'est pas établie avec la même certitude, et quoique Hubner ait nourri jusqu'à son entier développement une larve de *Clythra longimana* des feuilles du *Trifolium montanum*, quelques espèces paraissent vivre de substance animale, qui, pour les espèces vivant dans les fourmillières, comme par exemple, la *Clythra 4-punctata*, leur serait apportée par les fourmis. L'organisation de la bouche, si différente de celle des autres Chrysomélines, rappelle au contraire à un haut degré celle des Elatérides. Dans ces derniers les mandibules sont plus grandes et plus fortes, mais aussi ils vivent de proie vivante ; pour la disposition des mâchoires et de la lèvre inférieure, l'analogie est très-remarquable. Du reste, M. Rosenhauer, qui a exposé l'histoire de

ces larves avec tant de soin et d'exactitude, pense que de nouvelles observations sont nécessaires pour décider ce point.

Les auteurs qui se sont occupés de ces larves tubifères en général sont les suivants :

Zschorn, in Germ. Magaz. der Entom. 1815, t. I, p. 136.

Géné, Ann. des Sc. natur. 1830, t. XX, p. 155.

Chevrolat, in Silbermann, Revue entom. 1835, t. III, p. 265; et Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1845, t. III, 2e sér. Bull. p. XI.

Rosenhauer, Ueber die Entwickelung und Fortpflanz. der Clyt. und Crypt. in den amtlicher Bericht über die XXIII Versamml. der deutschen Naturf. und Aerzte in Nurnberg, 1845, p. 179.

Erichson, Archiv. de Wiegm. 1845, II, p. 75.

Siebold, Verzeichniss der Kæf. Preuss. 1847, p. 61. Quelques mots seulement.

Lacordaire, Monog. des Coléopt. subpent. de la famille des Phytoph. t. II, 1848, p. 13-15.

Tribu 1. Clythrides.

Groupe 1. Clythridées.

Clythra. Laich.

C. 4-punctata. L. (Pl. IX, fig. 5).

Schaller, in Germar, Magaz. der Entom. t. I, p. 328 et suiv. tab. I, fig. 8.

Fabricius, Syst. Eleuther. 1801, t. II, p. 32.

Géné, Ann. des Sc. natur. 1830, t. XX, p. 155.

Schmidt, Entomol. Zeit. zu Stett. 1841, p. 148.

Rosenhauer, Entomol. Zeitung. 1842, p. 50.

Maerkel, in Germar, Zeitschr. fur die Entom. 1841, t. III, p. 221, 1844, t. V, p. 254.

Lacordaire, Monogr. des Coléopt. subpent. de la famille des Phyt. t. II, p. 13 et suiv. 1848.

Vallot, Revue Zoolog. 1848, t. IX, p. 180; description du fourreau.

Rosenhauer, Ueber die Entwick. und Fortpfl. der Clyt. und Crypt. 1852, p. 22, tab. I, fig. 1, *a-d.*

C. læviuscula. Ratz.

Rosenhauer, Ueber die Entw. und Fortpf. der Clyt. und Crypt. 1852, p. 23, fig. 2.

C. palmata. Lac. (*Lachnœa*).

Dufour, Ann. génér. des Sc. phys. 1820, t. VI, p. 307, Pl. 96, fig. 1-2.

Lacordaire, Monog. des Coléopt. subp. II, p. 13 et suiv.

C. tristigma. Lac. (*Lachnœa.*)

Rosenhauer, Ueber die Entw. und Fortpf. des Clyt. 1852, p. 24, fig. 6.

C. vicina. Lac. (*Lachnœa.*)

Lucas, Revue Zool. 1851, t. III, 2e sér. p. 517. Larve, nymphe et fourreau.

Rosenhauer, Ueber die Entw. und Fortpfl. der Clyth. und Crypt. 1852, p. 23, fig. 3.

C. 4-maculata. L. (*Coptocephala*).

Rosenhauer, Loc. cit. p. 25, fig. 5.

C. floralis. Oliv. (*Coptocephala*).

Rosenhauer, Loc. cit. p. 24, fig. 4.

C. longimana. L. (*Labidostomis*).

Hubner, in Fuessly's Archiv der Insekt. Gesch., Hefl. VI, 1-4, fig. 31, 1785; avec une note de Fuessly.

Fabricius, Syst. Eleutherat. 1801, t. II, p. 37.

Latreille, Hist. natur. des Crust. et des Ins. t. XI, p. 336, 1802-1805.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, fig. 47 (11, 12).

Lacordaire, Monog. des Coléopt. subp. de la fam. des Phyt. II, p. 13-14.

Rosenhauer, Loc. cit. p. 27, fig. 10.

C. humeralis. Sch. (*Labidostomis*).

Rosenhauer, Loc. cit. p. 26, fig. 9.

C. distinguenda. Rosenh.

Rosenhauer, Beitrag. zur Insectenfauna Europas, I, p. 64, 1847.

Rosenhauer, Ueber die Entwick. etc. 1852, p. 26, fig. 8.

C. meridionalis. Lac. (*Labidostomis*).

Rosenhauer, Loc. cit. p. 25, fig. 7.

C. octosignata. Fabr. (*Titubœa.*)

Lucas, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1851, t. IX, 2e sér. p. 29, Pl. II, n° 1, fig. 1, *a-c.*

Groupe 2. Chlamydées.

Poropleura. Lac.

P. monstrosa. Du Brésil.

Burmeister, in Wiegman's Archiv, 1835, p. 245, Pl. V.

Lacordaire, Monog. des Coléopt. subp. de la fam. des Phyt. II, p. 641.

M. Lacordaire reproduit la description de la larve de cette espèce, qui a la plus grande analogie avec celle de la *C. 4-punctata.* Les trois fourreaux qu'il décrit dans une note additionnelle à la fin du même volume, appartiennent également aux Chlamydées, ainsi que cela est reconnu maintenant.

Groupe 3. Lamprosomidées.

M. Lacordaire (Loc. cit. II, p. 563) donne, d'après M. Westwood, la description de quelques fourreaux qui avaient été trouvés au Brésil attachés à l'écorce d'un *Bombax;* ils ressemblent beaucoup au premier aspect à des bourgeons morts, et se rapprochent plus pour la forme générale des fourreaux des Chlamydées que de ceux des Clythridées. La substance dont ils sont formés est également excrémentitielle. Wesswood, Ann. and Magaz. of nat. Hist. VIII, p. 297.

Tribu 2. Cryptocéphalides.

Sur les larves de ce groupe considérées d'une manière générale, il faut consulter :

Hubner, in Fuessly, Archiv, 1785, Heft. VI, p. 1-4, tab. 51.

Zschorn, in Germar's Magaz. 1813, t. I, p. 186.

Thion et Percheron, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1833, t. II, Bull. Pl. XXXIX.

Suffrian, Linnæa Entom. 1847, t. II, p. 8, 102 et 155.

Cryptocephalus. Geoff.

C. labiatus. L.

Gyllenhall, Insecta succica, 1813, p. 628.

C. 12-punctatus. Fabr.

Géné, Ann. des sc. natur. t. XX, 1830, p. 145.

Rosenhauer, Ueber die Entwick. und Fortpf. der Clythr. und Crypt. 1852, p. 28, fig. 13.

C. bi-punctatus. L.

Rosenhauer, Loc. cit. p. 28, fig. 11.

C. coryli. L.

Rosenhauer, Loc. cit. p. 28, fig. 12.

C. sericeus. L. (*C. aureolus.* Suff.)

Rosenhauer, Loc. cit. p. 29, fig. 14.

C. morœi. L.

Rosenhauer, Loc. cit. p. 30, fig. 15.

C. vittatus. Fabr.

Rosenhauer, Loc. cit. p. 30, fig. 16.

C. pini. L.

Rosenhauer, Loc. cit. p. 30, fig. 17.

C. gracilis. Fabr.

Rosenhauer, Loc. cit. p. 31.

C. minutus. Fabr.

Rosenhauer, Loc. cit. p. 31, fig. 18.

C. hieroglyphicus. Fabr.

Rosenhauer, Loc. cit. p. 32, fig. 19.

EROTYLIENS.

On connait aujourd'hui quatre larves de cette famille; mais les descriptions de trois d'entre elles (*Ægithus*, *Engis*, *Mycetœa*) laissent beaucoup à désirer. Nous pourrions donner comme specimen celle de la *Triplax nigripennis*, qui a été très-bien formulée par M. L. Dufour; nous préférons faire connaitre dans ce but la suivante que nous devons à l'obligeance de M. Guérin-Méneville.

Ischyrus. Chevr.

I. quadripunctatus. Oliv. De Cuba. (Pl. IX, fig. 8).

Tête de grandeur médiocre, cornée, subquadrangulaire, légèrement aplatie en dessus et en dessous.

Plaque sus-céphalique à surface rugueuse, fortement impressionnée de chaque côté, en dedans des antennes.

Antennes de médiocre longueur, insérées au bord antérieur et latéral de la tête, dirigées en dehors, portées par un prolongement bien circonscrit de la plaque sus-céphalique, cylindriques, formées de trois articles : le premier court, le deuxième deux fois plus long, le troisième très-grêle et à peine de moitié aussi long que le précédent.

Ocelles au nombre de six de chaque côté, arrondis, disposés immédiatement en arrière de l'insertion des antennes sur un renflement commun, en deux séries transversales : l'antérieure formée de trois, descendant un peu plus bas sur les côtés que la postérieure.

Chaperon transversal, limité postérieurement par un léger sillon.

Lèvre supérieure bien développée, convexe en avant et cachant l'extrémité des mandibules.

Mandibules médiocres, à extrémité obtuse, tridentée; la dent médiane plus forte que les latérales.

Mâchoires libres, composées d'une pièce cardinale disposée obliquement; d'une pièce basilaire assez développée, portant en dehors un palpe maxillaire de trois articles : les deux premiers égaux, cylindriques, le troisième aussi long que les deux précédents réunis, un peu aminci vers l'extrémité; en dedans la pièce basilaire est prolongée en un lobe carré, atteignant presque la longueur du palpe et légèrement cilié en avant.

Lèvre inférieure formée d'un menton allongé, charnu; de deux pièces palpigères soudées en un corps présentant un sillon médian; de palpes labiaux de deux articles, courts, et d'une petite languette conique.

Thorax formé de trois segments un peu plus longs que les segments abdominaux, surtout le prothorax, qui est recouvert en dessus d'une plaque cornée, à surface irrégulière, fortement rugueuse par suite de la présence de petits points saillants, plus proéminents sur les parties latérales; les deux autres semblables aux segments abdominaux; pattes de médiocre longueur, formées d'une hanche obconique, dirigée en dedans et un peu en arrière; d'un trochanter et d'une cuisse d'égale longueur; d'une jambe un peu plus longue, terminée par un tarse représenté par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf; chacun des huit premiers présentant en dessus un écusson corné, muni de deux ca-

rènes saillantes, transversales, confondues en une seule sur les arceaux postérieurs et surmontées de pointes cornées, plus nombreuses et plus développées sur les parties latérales et postérieures. En dehors de cet écusson, chaque segment porte de chaque côté un tubercule charnu, muni aussi de trois à quatre pointes, mais non cornées; en dessous, les arceaux abdominaux sont recouverts de séries transversales de poils fauves peu allongés. Segment terminal plus étroit que les précédents, muni sur ses bords de trois à quatre pointes, et, à l'extrémité, de deux petites cornes subparallèles, relevées en avant et aussi garnies de quelques pointes; ce même segment prolongé en dessous en un appendice charnu, divisé en deux parties sur la ligne médiane par un léger sillon et servant, selon toute probabilité, à la progression; l'anus s'ouvre derrière cet appendice.

Stigmates au nombre de neuf paires : la première située au bord antérieur et inférieur du mésothorax; les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux, au dessus des tubercules latéraux des arceaux du dos; ces stigmates arrondis et portés sur de petits prolongements coniques.

Les mœurs de ces larves, rapportées de la Nouvelle-Orléans, sont inconnues. Elles sont longues de 4 à 5 lignes, un peu rétrécies en avant et en arrière, et obtuses aux deux extrémités; la face supérieure de la tête et les écussons dorsaux des segments sont d'un brun rougeâtre foncé, le dessous est d'un blanc jaunâtre sale; du bord antérieur du prothorax part un sillon médian blanchâtre qui atteint jusqu'au bord postérieur du huitième segment abdominal.

Si l'on recherche les analogies de ces larves, on ne peut méconnaître les points de contact qu'elles offrent avec celles des *Coccinella*. La forme et l'organisation sont formées sur le même type; mais le rapport est plus frappant encore si l'on se rappelle la forme convexe de la lèvre supérieure dans l'une et l'autre familles, la disposition la forme des antennes et des palpes, et surtout le développement du lobe maxillaire.

Ægithus. Fabr.

Æ. surinamensis. Fabr. De l'Amérique mérid.

Lacordaire, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1832, t. 1, 1re sér. p. 564.

Triplax. Payk.

T. nigripennis. Fabr.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 393, fig. 49 (6).

L. Dufour, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1842, t. XI, 1re sér. p. 191.

Engis. Payk.

E. rufifrons. Fabr.

Westwood, Loc. cit. p. 147, fig. 11 (13).

Mycetoea. Steph.

M. hirta. Marsh.

Westwood, Loc. cit. p. 154, fig. 13 (15, 16).

CLYPÉASTRES.

Dans sa Faune des insectes de l'Allemagne, Erichson (III, p. 41) rapproche les genres *Orthoperus*, *Clambus*, *Clypeaster*, du groupe des Coccinelliens. Tous les auteurs ne sont pas d'accord sur ce point, et quoique les états primitifs de plusieurs espèces soient connus, de nouvelles découvertes sont nécessaires pour tracer les caractères généraux des larves et pour décider cette question de classification. Dans cet état de choses, nous devons nous borner à reproduire la belle description que M. E. Perris a donnée d'une espèce du premier des genres ci-dessus.

Orthoperus. Steph.

O. piceus. Steph. (Pl. XI, fig. 9).

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1852, 2e sér. p. 587, Pl. XIV, n° 5, fig. 24-32.

Longueur 1 1/2 millim.

Tête petite, ovale, d'un blanc un peu livide, brunâtre postérieurement et pourvue de quelques poils ; antennes insérées au tiers postérieur, c'est-à-dire beaucoup plus bas qu'on ne le voit généralement, puisque ordinairement ces organes avoisinent la base des

mandibules; légèrement arquées en avant et formées de trois articles : le premier court, le second deux fois au moins aussi long, le troisième de même longueur que le précédent, mais beaucoup plus grêle et presque subulé; épistome court; labre large, arrondi, peu avancé, en forme de segment de cercle; palpes maxillaires très-saillants, de trois articles : le premier peu allongé et assez gros, le second un peu moins long et moins épais; le troisième aussi long que les deux autres ensemble, robuste, renflé au milieu, surtout du côté interne, et surmonté d'un long poil; lobe maxillaire grand, en trapèze irrégulier, avec l'angle supérieur aigu; lèvre inférieure courte, non saillante, si ce n'est lorsqu'on exerce une pression sur la tête; coupée carrément et munie de deux petits palpes labiaux biarticulés; mandibules pas trop robustes, médiocrement arquées, acérées et roussâtres.

Corps de douze segments, elliptique, déprimé, d'un blanchâtre un peu livide, plus pâle en dessous, avec une série de taches d'un brunâtre livide le long des flancs; segments thoraciques très-développés, surtout le premier; marqués d'un pli transversal reconnaissable à un sinus assez apparent qui existe de chaque côté, et qui en impose à l'œil au point presque de faire croire que chacun de ces segments est composé de deux; sur le segment prothoracique une tache brunâtre presque carrée, coupée en deux longitudinalement par une ligne blanchâtre; segments abdominaux courts, le dernier ayant une forme semi-ellipsoïdale, et muni en dessous d'un petit mamelon ambulatoire rétractile; pattes courtes, de trois articles, hérissées de quelques soies et terminées par un ongle faiblement crochu.

Indépendamment des caractères que je viens de signaler, cette larve offre des particularités qui la rendent très-reconnaissable. Son corps est tout couvert de très-petits mamelons déliés et papilliformes, qui échappent à la loupe, mais que révèlent parfaitement les verres amplifians du microscope; elle est, en outre, régulièrement parsemée ou plutôt ornée de poils épais, coniques et un peu roussâtres, semblables à ceux que nous avons déjà observés dans la larve du *Corticaria pubescens*, mais plus longs et plus apparents. Le long des flancs, ces poils, d'inégale longueur, constituent une sorte de frange très-élégante. Il en existe six de chaque côté du segment prothoracique, trois sur les deux segments suivants, et de deux à trois sur chaque segment abdominal, sauf le dernier qui en a de six à sept. A ces poils se joignent, sur le prothorax, deux

longs poils de forme ordinaire, un sur les deux segments suivants et six sur le dernier.

Vu à la loupe, le dos de la larve, à l'exclusion du segment prothoracique, semble parsemé de points brunâtres disposés symétriquement; on reconnaît au microscope que ces points ne sont autre chose que des poils cunéiformes comme ceux des flancs, mais plus courts et rangés en huit séries longitudinales, savoir : quatre dorsales, dont les deux médianes plus rapprochées entre elles que de leurs voisines, et quatre latéro-dorsales, deux de chaque côté, très-rapprochées et formées de poils un peu plus gros que les autres.

La région ventrale est revêtue de poils très-fins et assez longs, inclinés en arrière.

La nymphe est fixée au plan de position par son extrémité postérieure enchassée dans la peau de la larve.

Clypeaster. And.

C. lateralis. Marsh.

Heeger, Isis, 1848, p. 326, tab. III.

Cette larve, par sa forme générale et les appendices dont elle est ornée, a d'étroites analogies avec l'espèce précédente; il est à regretter que M. Heeger n'ait pu examiner les parties de la bouche.

Clambus. Fisch.

C. enshamensis. Westw.

Perris, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. X, 1852, 2e sér. p. 574, Pl. XIV, n° 1, fig. 1-10.

La larve de cette espèce diffère notablement des deux précédentes; et peut-être ce genre serait-il mieux placé dans la famille des Anisotomides, comme l'ont pensé divers entomologistes, et en particulier M. Perris.

ENDOMYCHIDES.

La larve de la *Lycoperdina fasciata* que nous décrivons plus bas est la seule de cette famille qui soit suffisamment connue en ce moment.

Endomychus. Web.

E. coccineus. Fabr.

Kirby and Spence, Intr. to Entom. t. III, p. 166.
Westwood, Intr. to the mod. class. t. I, fig. 49, 11.

Calyptobium. Villa.

C. Kunzei. Aubé.

Coquerel, Ann. de la Soc. entom. de Fr. t. VI, 2e sér. 1848, p. 181, Pl. VII, n° 4, fig. 5, *a-d.*

Lycoperdina. Latr.

L. fasciata. Fabr. (Pl. IX, fig. 11).

Tête petite, arrondie, subcornée, un peu enfoncée dans le prothorax, à bouche dirigée en bas et un peu en avant.

Plaque sus-céphalique légèrement convexe, présentant deux larges impressions à sa partie antérieure et quelques poils épais sur les régions latérales.

Chaperon bien distinct, assez allongé, légèrement échancré au milieu de son bord antérieur.

Lèvre supérieure un peu moins développée que le chaperon, aussi large que lui, un peu voûtée et couvrant les mandibules; à bord antérieur arrondi et muni de quelques poils courts.

Ocelles non visibles.

Antennes courtes, articulées en avant de la plaque sus-céphalique, aux angles latéraux et postérieurs du chaperon; formées de trois articles: le premier court et large, en forme d'anneau; le deuxième plus grêle et un peu plus long; le troisième tuberculiforme, terminé par une petite soie.

Mandibules peu développées, non saillantes, presque entièrement charnues, terminées en dehors par une petite pointe aiguë, subcornée, et présentant en dedans chacune une surface molaire oblongue, dure, écailleuse, à face interne finement granulée et regardant directement celle de l'autre mandibule.

Mâchoires formées d'une pièce cardinale médiocre, disposée longitudinalement; d'une pièce basilaire allongée, portant en dehors un palpe maxillaire court, qui m'a paru formé de trois articles seulement et se prolongeant en dedans en un lobe sub-triangulaire,

muni de petits cils spinuliformes sur ses bords et dépassant un peu le palpe en longueur.

Lèvre inférieure formée d'un menton charnu, court; de deux pièces palpigères divergentes, confondues à leur base; de palpes labiaux extrêmement courts, assez distants l'un de l'autre, et probablement bi-articulés; d'une languette large, saillante, à bord antérieur sinueux et cilié.

Segments thoraciques plus larges que la tête; prothorax un peu plus allongé que les deux suivants, présentant en dessus deux profonds sillons transversaux et parsemé de quelques poils; mésothorax et métathorax portant chacun dessus deux bourrelets transversaux, séparés sur la ligne médiane et surmontés de poils courts. Pattes courtes, assez épaisses, articulées à quelque distance de la ligne médiane, formées d'une hanche obconique, dirigée en dedans et un peu en arrière; d'un trochanter très-court; d'une cuisse plus longue; d'une jambe un peu moins allongée, et d'un tarse formé par un ongle simple.

Segments abdominaux au nombre de neuf, croissant légèrement en largeur jusqu'au quatrième ou cinquième, recouverts de téguments mous, munis chacun en dessus de six bourrelets, dont deux sur les côtés de la ligne médiane, deux tout-à-fait latéraux, deux autres intermédiaires aux précédents; de sorte que la région dorsale est ornée de six séries longitudinales de bourrelets surmontés de quelques poils courts et jaunâtres, d'autant plus saillants qu'ils se rapprochent de l'extrémité postérieure, excepté cependant les bourrelets latéraux qui ne forment que des renflements mousses et partout semblables.

Segment terminal peu développé, portant en dessous un anus légèrement saillant et paraissant servir de pseudopode.

Stigmates au nombre de neuf paires : la première située inférieurement au bord antérieur du mésothorax; les huit autres à la région dorsale au bord antérieur des huit premiers segments abdominaux, au-dessus des bourrelets latéraux.

Cette larve, que nous devons à l'obligeance de M. le Dr Ch. Aubé, est longue de 4 à 5 millim.; elle est d'un blanc jaunâtre terne, de forme elliptique atténuée à ses extrémités, et parsemée en dessus et en dessous de poils courts et jaunâtres. Elle se trouve dans les *Lycoperdon*.

Quelques analogies rapprochent la larve de cette *Lycoperdina* de

celles des *Coccinella*, notamment les appendices dorsaux dont elle est ornée, sa forme générale, et surtout la grandeur et la disposition de la lèvre supérieure. Mais la conformation de ses mandibules est toute différente; cela tient sans nul doute à son genre de vie, pour lequel des mandibules aiguës eussent été inutiles.

COCCINELLIDES.

On connait actuellement dix à douze larves de Coccinellides; plusieurs sont très-communes et nous serviront principalement de types dans l'exposé suivant des caractères généraux de la famille.

Tête petite, à contours arrondis, un peu déprimée en dessus et en dessous; à bouche dirigée en avant et un peu en bas, formée de parties cornées.

Ocelles au nombre de trois de chaque côté (*Lasia globosa*), situés immédiatement derrière l'insertion des antennes et disposés en triangle; ou bien au nombre de quatre (*Coccinella 7-punctata*, *Epilachna argus*) placés en losange au même endroit; ils sont arrondis, assez saillants, et souvent entourés d'une tache noirâtre.

Antennes insérées à l'angle antérieur et latéral de la tête, formées de trois articles : le premier assez court, le deuxième cylindrique, plus long; le troisième extrêmement petit, en pointe, situé au côté externe de l'extrémité de l'article précédent; au même niveau et au côté interne se trouve une soie assez allongée.

Plaque sus-céphalique présentant à sa partie antérieure un chaperon limité par un sillon bien marqué.

Lèvre supérieure bien distincte, un peu convexe en avant, en forme de croissant dont les cornes, dépassant légèrement le chaperon, recouvrent les mandibules.

Mandibules petites, triangulaires, à extrémité aiguë, bifide, présentant quelques petites dents à leur base.

Mâchoires soudées au menton par la plus grande partie de leur pièce basilaire; pièce cardinale indistincte; pièce basilaire prolongée en dedans en un petit lobe triangulaire équilatéral (*C. 7-punctata*); ce même lobe dans l'*Epilachna argus*, est beaucoup plus grand, à contours arrondis, et creusé en cupule à concavité dirigée vers la bouche, c'est-à-dire en haut et un peu en dedans; palpes maxillaires très-grands et subcylindriques, dirigés transversalement en dehors et formés de quatre articles.

Lèvre inférieure présentant un menton très-grand, allongé,

soudé à la pièce basilaire, un peu échancré en avant; des pièces palpigères soudées à leur base, divergentes; des palpes labiaux de deux articles.

Segments thoraciques peu différents des segments abdominaux; pattes assez allongées, articulées à une petite distance des bords latéraux du corps; formées d'une hanche obconique, allongée, dirigée un peu en dedans, d'un trochanter très-court, d'une cuisse longue, d'une jambe plus longue encore, enfin d'un tarse très-court, obtus, terminé par un petit ongle simple, très-crochu.

Segments abdominaux au nombre de neuf, recouverts de téguments assez résistants, diminuant graduellement de dimension jusqu'au dernier; celui-ci présentant en dessous une ouverture anale assez saillante, et un bourrelet charnu servant à la progression.

Stigmates au nombre de neuf paires : la première située au bord latéral et antérieur du mésothorax; les huit autres sur les huit premiers segments abdominaux, plus rapprochées du côté dorsal que du côté opposé : tous assez grands, arrondis.

Ces larves sont d'une forme ovale lancéolée, amincie surtout en arrière; elles sont diversement coloriées et munies de tubercules, de fossettes, d'épines très-variables dans leurs formes et leur coloration.

A l'époque de la métamorphose la larve se colle par son dernier segment aux feuilles, au moyen d'une substance visqueuse qu'elle sécrète. Elle courbe alors son corps, et surtout la tête, vers la face inférieure, de manière à former une gibbosité; les granulations deviennent plus petites, les poils tombent, et alors la peau desséchée se fend sur le dos, se retire en arrière, et forme un bourrelet chiffonné à l'extrémité du corps.

La majeure partie de ces larves sont carnassières et se nourrissent presque exclusivement de Pucerons, d'où le nom d'aphidiphages que l'on avait étendu, mais à tort, à toute la famille. Ces larves carnassières dont on peut former un premier groupe, sont plus agiles que les autres, et ne sont pas généralement, comme elles, munies de pointes épineuses; elles présentent seulement des tubercules ou de simples renflements à surface inégale et recouverts de soies courtes et raides.

La tête, le prothorax et les bords latéraux du corps sont ornés de poils sétiformes disséminés; sur le reste du corps, ces poils se trouvent seulement sur les tubercules et renflements dont nous avons parlé. Le prothorax est protégé par une espèce d'écusson

étendu sur la plus grande partie de sa surface; le mésothorax et le métathorax présentent chacun deux grosses taches subdiscoïdales et deux plus petites latérales; sur les autres segments on observe six taches du côté dorsal et six plus petites du côté ventral; le dernier segment, vu sa petitesse, en porte un nombre moins considérable.

Un autre groupe est formé par des larves phytophages. Elles sont beaucoup moins agiles que les précédentes et passent presque toute leur vie sur la plante qui les a vu naître. Leur corps est hérissé d'épines ou longs prolongements ramifiés, disposés sur les arceaux dorsaux; les ramifications sont terminées chacune par un poil de longueur variable et bien moins épais que la ramification elle-même; il n'en forme pas la continuation, mais semble mobile sur elle; et, pour nous servir d'une comparaison déjà employée, l'ensemble du poil et de la ramification est assez bien représenté par la baguette d'un fusil en partie engagée dans le canon. Le prothorax porte quatre de ces épines ramifiées; les autres segments six; sur le dernier segment les deux épines latérales sont beaucoup plus courtes, et à la face inférieure du corps on n'observe que des taches sétigères.

Une troisième modification est offerte par le groupe des *Scymnus*. Ici la face dorsale présente de petites fossettes disposées comme les appendices du groupe précédent; de ces fossettes sortent des prolongements blanchâtres, mous, flexueux, qui donnent à la larve l'aspect d'une petite houppe de laine. Une particularité bien remarquable, c'est que cette espèce de mousse peut se reproduire lorsqu'elle a été enlevée et cela assez rapidement; au bout de deux heures on en voit déjà des traces, et en douze heures la larve en est de nouveau presque complètement recouverte.

Les mœurs de ces larves ont été le sujet des études de beaucoup de naturalistes, et plusieurs d'entre eux leur ont consacré des articles spéciaux; les principaux sont :

Réaumur, Mém. t. III, Mém. XI, p. 363, 1737.

De Géer, Mém. t. V, 1775, Mém. VII, p. 364.

Herbst, Natursystem. 1795, t. V, p. 255, Pl. V, fig. 6-9.

Gleichen, Versuch einer Geschichte der Blattläuse und Blattläusfresser der Ulmenbaumes, in-4°, 1770.

Latreille, Hist. nat. des Crust. et des Ins. 1802-1805, t. XII, p. 46.

Kirby and Spence, Intr. to Entom. 1828, t. I et II.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 396.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. 1846; Sécuripalpes, p. 11.

ANISOSTICTA. Chev.

A. novemdecimpunctata. L.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. Sécurip. 1846, p. 39.

IDALIA. Muls.

I. livida. De Géer.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. Sécurip. 1846, p. 48.

I. bipunctata. L.

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, part. 9, p. 33, Pl. XVI.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 396, fig. 49-19.

Mulsant, Hist. nat. des Coléop. de Fr. Sécurip. 1846, p. 60.

COCCINELLA. L.

C. 7-punctata. L.

Goedart, Métam. nat. des Ins. 1700 (trad. franç.) t. II, p. 67, expér. 18.

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, 4e part. p. 1, tab. I.

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VII, p. 571, Pl. X, fig. 18.

Ratzeburg, Die Forst. 1839, I, p. 20, pl. I, fig. 15.

Westwood, Intr. to the mod. class. 1839, t. I, p. 397.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. Sécurip. 1846, p. 84.

C. hieroglyphica. Fabr.

Reich, Magaz. der Gesells. der naturf. Freunde zu Berlin, 1809, t. III, p. 288.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. Sécurip. 1846, p. 92.

C. olivetarum. Cost.

Costa, Monog. degl. insetti ospitanti sull' Ulivo e nelle olive, p. 104.

MYRRHA. Muls.

M. 18-guttata. L.

Mulsant, Hist. natur. des Coléopt. de Fr. Sécurip. 1846, p. 128.

Mysia. Muls.

M. oblongoguttata. L.

Mulsant, Hist. natur. des Coléop. de Fr. Sécurip. 1846, p. 152.

Anatihis. Muls.

A. ocellata. L.

De Geer, Mém. 1775, t. V. Mém. VII, p. 577, Pl. XI, fig. 9-18.

Mulsant, Hist. natur. des Coléop. de Fr. Sécurip. 1846, p. 157.

Halyzia. Muls.

H. 16-guttata. L.

Mulsant, Hist. nat. des Coléopt. de Fr. Sécurip. 1846, p. 150; quelques mots seulement.

Propylea. Muls.

A. 14-punctata. L.

Frisch, Beschreib. von all. Ins. 1720, 9e part. p. 34, Pl. XVII.

Stroems, Nogle Insekt. Larv. med deres Forvandl. p. 375.

Mulsant, Hist. natur. des Coléop. de Fr. Sécurip. 1846. p. 158.

Thea. Muls.

T. 22-punctata. L.

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VII, p. 580.

Mulsant, Hist. natur. des Coléop. de Fr. Sécurip. 1846, p. 162.

Chilocorus. Leach.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, fig. 49, 24, 25.

Mulsant, Hist. natur. des Coléop. de Fr. Sécurip. 1846, p. 168.

C. bipustulatus.

Rœsel, Insect. Belustig. 1746, vol. II, cl. III, tit. III, fig. 1-2.

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VII, p. 587, Pl. X, fig. 21-25.

Mulsant, Hist. natur. des Coléop. de Fr. Sécurip. 1846. p. 172.

C. cacti.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 397, fig. 49 (24-25).

C. sempustulatus. Scriba.

De Geer, Mém. 1775, t. V, Mém. VII, p. 388, Pl. X, fig. 21-23.

C. uva. Sch.

Coquerel, Ann. de la Soc. entom. de Fr. 1849, t. VII, 2e sér., d. 452, pl. XIV, n° 6, fig. 1 ; cette larve est phytophage et vit à la Martinique sur le tamarin.

Epilachna. Chev

E. argus. Fourcroy, (Pl. IX, fig. 10).

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, I, p. 397, fig. 49-22.

Mulsant, Hist. natur. des Colép. de Fr. Sécurip. 1846, p. 194.

E. chrysomelina. Fabr.

Junker, Entomolog. Zeitung. 1841, p. 2.

Lasia. Hope.

L. globosa. Schneid.

Gené, Sugli Insetti piu nocivi alla Agricultura, 1827, p. 71.

Huber, Mémoires de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. t. II, Part. II, p. 365.

Junker, Entom. Zeitung. 1841, p. 2.

D'après ces auteurs cette larve vit sur la saponaire ; M. Boie fait remarquer qu'on la trouve aussi sur le *Lychnis dioica* et le *Cucubulus behen*, ce que M. Westwood (Introd. to the mod. class. I, p. 397) connaissait déjà.

Mulsant, Hist. nat. des Coléop. de Fr. Sécurip. 1846, p. 206.

Scymnus. Herbst.

Réaumur, Mém. t. III. 1737. Mém. XI, Pl. 31, fig. 20-29.

Westwood, Introd. to the mod. class. 1839, t. I, p. 398, fig. 49 (26).

S. minimus. Payk.

Bouché, Entom. Zeit. zu Stett. 1857, p. 164.

Cette petite larve, dont M. Bouché donne une description très-courte, est à peine longue d'une ligne ; elle dévore diverses espèces d'*Acarus* et se tient sur les feuilles de végétaux variés, où elle subit aussi ses métamorphoses.

Coccidula. Meg.

C. scutellata. Herbst.

Heeger, Isis. 1848, p. 965, tab. VIII.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Fig. 1 *Cicindela hybrida.* L.
1ª Tête grossie vue en dessus ; — 1ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 2 *Chlœnius ?*

Fig. 3 *Pristonychus terricola.*
3ª Tête grossie vue en dessus ; — 3ᵇ la même en dessous.

Fig. 4 Ocelles de la larve du *Calosoma scrutator.*

Fig. 5 *Dytiscus marginalis.*
5ª Tête grossie vue en dessus ; — 5ᵇ la même en dessous.

Fig. 6 *Gyrinus.*

Fig. 7 *Hydrophilus piceus.*
7ª Tête grossie vue en dessus ; — 7ᵇ la même en dessous ; — 7ᶜ dernier anneau de l'abdomen.

Fig. 8 *Necrodes littoralis.*
8ª Tête grossie vue en dessus ; — 8ᵇ la même vue en dessous ; — 8ᶜ antenne.

PLANCHE II.

Fig. 1 *Staphylinus.*
1ª Tête grossie en dessus ; — 2ᵇ la même en dessous.

Fig. 2 *Oxytelus sculptus.*
2ª Tête grossie vue en dessus ; — 2ᵇ la même en dessous ; — 2ᶜ dernier segment de l'abdomen.

Fig. 3 *Hister merdarius.* (d'après Paykull).

Fig. 4 *Trichopterix intermedia.* (d'après M. Perris).
4ª Larve vue de côté pour montrer les appendices abdominaux ; — 4ᵇ antenne.

Fig. 5 *Agathidium seminulum.* (d'après M. Perris).
5ª Antenne.

Fig. 6 *Thymalus limbatus.*
6ª Tête grossie en dessus ; — 6ᵇ la même en dessous ; — 6ᶜ dernier segment abdominal.

Fig. 7 *Colydium elongatum.* (d'après M. Ratzeburg).

Fig. 8 *Cucujus hæmatodes.* (d'après M. Asmann).
8ª Dernier segment abdominal.

Fig. 9 *Diphyllus lunatus.* (d'après M. Perris).
9ª Mandibule ; — 9ᵇ antenne.

Fig. 10 *Latridius minutus.* (d'après M. Perris).
10ª Tête grossie en dessus.

Fig. 11 *Triphyllus punctatus.* (d'après M. Perris).
11ª Antenne ; — 11ᵇ mandibule, 11ᶜ mâchoire et lèvre inférieure ; — 11ᵈ dernier segment abdominal vu de côté.

PLANCHE III.

Fig. 1 *Dermestes undulatus.*
1ª Tête grossie vue en dessus ; — 1ᵇ la même en dessous.

Fig. 2 *Tiresias serra* (d'après M. Waterhouse).

Fig. 3 *Attagenus pellio.*

Fig. 4 *Byrrhus pilula.*
4ª Tête grossie vue en dessus ; — 4ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 5 *Simplocaria semestriata.*
5ª Tête grossie vue en dessus ; — 5ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 6 *Nosodendron fasciculare.*
6ª Tête grossie vue en dessus ; — 6ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 7 *Elmis.*
7ª Tête grossie vue en dessus ; — 7ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 8 *Heterocerus marginatus.* (d'après M. Westwood).

Fig. 9 *Osmoderma eremita.*
9ª Tête grossie vue en dessus ; — 9ᵇ la même vue en dessous.

PLANCHE IV.

Fig. 1 *Pelidnota punctata.*
1ª Tête grossie en dessus ; — 7ᵇ la même en dessous.

Fig. 2 *Ancylonycha fallax.*
2ª Tête grossie vue en dessus.

Fig. 3 *Aphodius fossor.*
3ª Tête grossie vue en dessus ; — 3ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 4 *Trox carolinus.*
4ₐ Tête grossie vue en dessus ; — 4ᵇ tête grossie vue en dessous.

Fig. 5 *Passalus distinctus.*
5ª Tête grossie vue en dessus ; — 5ᵇ la même vue en dessous ; — 5ᶜ mâchoire.

Fig. 6 *Lampra rutilans.*
6ª Tête grossie vue en dessus ; — 6ᵦ la même vue en dessous.

Fig. 7 *Melasis flabellicornis.* (d'après M. Perris).
7ₐ Tête et premier segment de thorax vus en dessous ; — 7ᵦ tête vue en dessus ; — 7ᶜ stigmate grossi.

PLANCHE V.

Fig. 1 *Athous hirtus.*
1ª Tête grossie vue en dessus ; — 1ᵇ la même en dessous ; — 1ᶜ dernier segment abdominal.

Fig. 2 *Campilus linearis.*
2ª Dernier segment de l'abdomen.

Fig. 3 *Alaus oculatus.*

Fig. 4 *Cebrio gigas.*
4ª La larve vue en dessous ; —4ᵇ la même vue de côté, avec la tête redressée ; — 4ᶜ partie antérieure de la larve, vue de côté, avec la tête fléchie ; — 4ᵈ tête grossie vue

en dessus : — 4[c] antenne ; — 4[f] mandibule ; — 4[g] mâchoire et lèvre inférieure.

Fig. 5 *Cyphon pallidus.*
5[a] Larve vue en dessous ; — 5[b] tête grossie vue en dessous ; — 5[c] la même, le menton étant enlevé.

Fig. 6 *Photuris versicolor.*
6[a] Tête grossie vue en dessus ; — 6[b] la même en dessous.

Fig. 7 *Drilus flavescens.*

Fig. 8 *Lycus sanguineus.* (d'après M. Perris).
8[a] Tête grossie vue en dessous.

Fig. 9 *Telephorus rufus.* (d'après M. Blanchard).
9[a] Tête grossie vue en dessous.

PLANCHE VI.

Fig. 1 *Dasytes serricornis.* (d'après MM. Kirby et Spence).
1[a] Tête grossie, en dessus ; — 1[b] dernier anneau de l'abdomen.

Fig. 2 *Opilo domesticus.*
2[a] Tête grossie vue en dessus ; — 2[b] la même vue en dessous.

Fig. 3 *Apate capucina.* (d'après M. Perris).
3[a] Tête grossie vue en dessous.

Fig. 4 *Cis alni*, (d'après M. Lucas).
4[a] Mandibules ; — 4[b] mâchoire ; — 4[c] lèvre inférieure ; — 4[d] dernier segment de l'abdomen.

Fig. 5 *Blaps obtusa.*
5[a] Tête grossie vue en dessous.

Fig. 6 *Diaperis boleti.*
6[a] Tête grossie vue en dessus ; 6[b] la même vue en dessous.

Fig. 7. *Cistela nigra.* (d'après M. Wasterhouse).
7[a] Tête grossie vue en dessous.

Fig. 8 *Orchesia micans.*
8[a] Tête grossie vue en dessus ; 8[b] la même vue en dessous.

PLANCHE VII.

Fig. 1 *Ditylus lævis.* (d'après M. Kolenati).
1ª La larve vue de côté; — 1ᵇ tête grossie vue en dessus; — 1ᶜ tête vue en dessous.

Fig. 2 *Lagria hirta.*
2ª Tête grossie vue en dessus.

Fig. 3 *Pyrochroa coccinea.*
3ª Tête grossie vue en dessus; 3ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 4 *Pyrochroa pectinicornis.*

Fig. 5 *Anaspis maculata.* (d'après M. Perris).
5ª Antenne; — 5ᵇ mandibule; — 5ᶜ dernier anneau de l'abdomen.

Fig. 6 *Meloe.* (jeune larve, d'après M. Newport).
6ª Tête grossie de la jeune larve vue en dessus; — 6ᵇ pseudo-larve, ou larve sur le point de subir sa transformation en nymphe.

Fig. 7 *Larinus maurus.*
7ª Larve présentant sa face dorsale; — 7ᵇ tête grossie vue en dessus; — 7ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 8 *Cratoparis lunatus.*
8ª La tête grossie vue en dessus.

Fig. 9 *Scolytus intricatus.* (d'après M. Ratzeburg).
9ª Tête et prothorax grossis vus en dessus; — 9ᵇ mâchoire; — 9ᶜ lèvre inférieure.

PLANCHE VIII.

Fig. 1 *Lamia textor.*
1ª Tête grossie vue en dessus; 1ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 2 *Phytœcia virescens.*
2ª Tête grossie vue en dessus; 2ᵇ la même vue en dessous; — 2ᶜ anneaux moyens de l'abdomen pour montrer le dessein des disques.

Fig. 3 *Stenura zebrata.*
3ª Anneau moyen et l'abdomen en dessus; —3ᵇ id. en dessous.

Fig. 4 Tête grossie du *Rhagium bifascicatum* en dessus.
4ª La même vue en dessous ; — 4ᵇ anneau moyen de l'abdomen en dessus ; — 4ᶜ le même en dessous.

Fig. 5 *Rhagium salicis.*
5ª Tête grossie vue en dessus ; — 5ᵇ anneau moyen de l'abdomen vu en dessus ; — 5ᶜ le même en dessous ; — 5ᵈ dernier segment.

Fig. 6 *Rhagum inquisitor* ; un des anneau moyen de l'abdomen vu en dessus ; — 6ª Le même vu en dessous ; — 6ᵇ dernier segment.

Fig. 7 *Clytus arcuatus.*
7ª Anneau moyen de l'abdomen en dessus ; — 7ᵇ le même en dessous.

Fig. 8 *Clytus arietis.*
8ª Anneau moyen de l'abdomen en dessus ; — 8ᵇ le même en dessous.

Fig. 9 *Pogonocherus pilosus.*
9ª Anneau moyen de l'abdomen en dessus ; — 9ᵇ le même en desssous.

Fig. 10 *Strangalia calcarata.*
10ª Anneau moyen de l'abdomen en dessous.

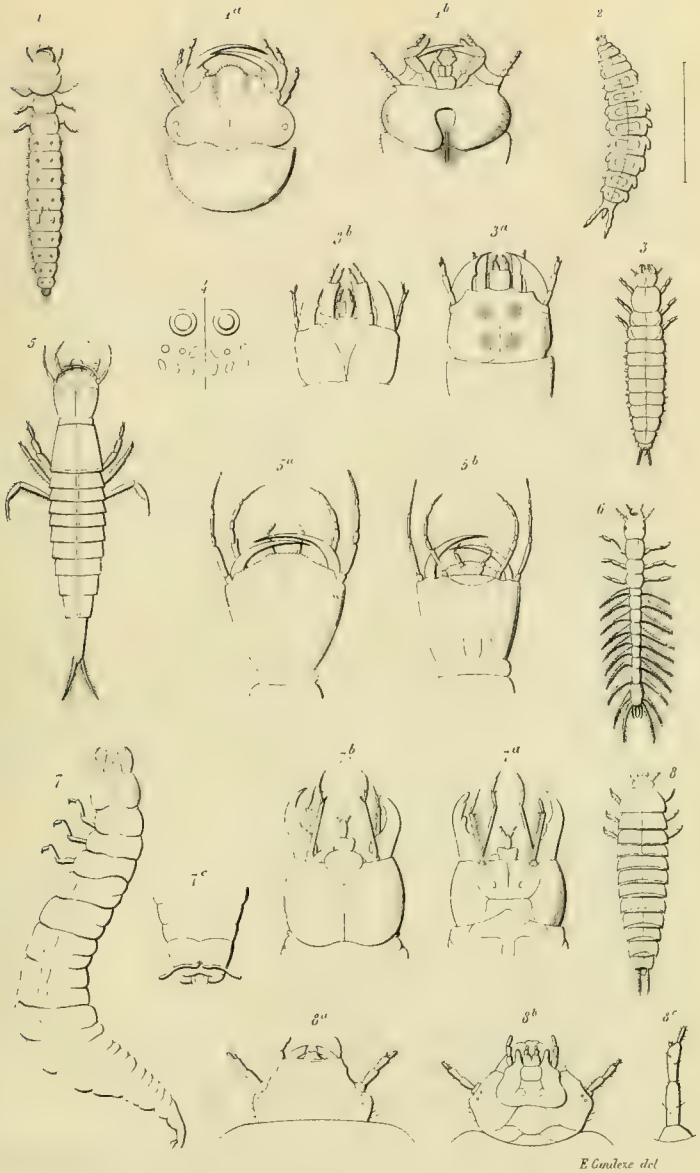
PLANCHE IX.

Fig. 1 *Donacia sagittariæ.*
1ª La tête grossie vue en dessus ; — 1ᵇ la même vue en dessous ; — 1ᶜ une antenne ; — 1ᵈ dernier segment abdominal vu en face.

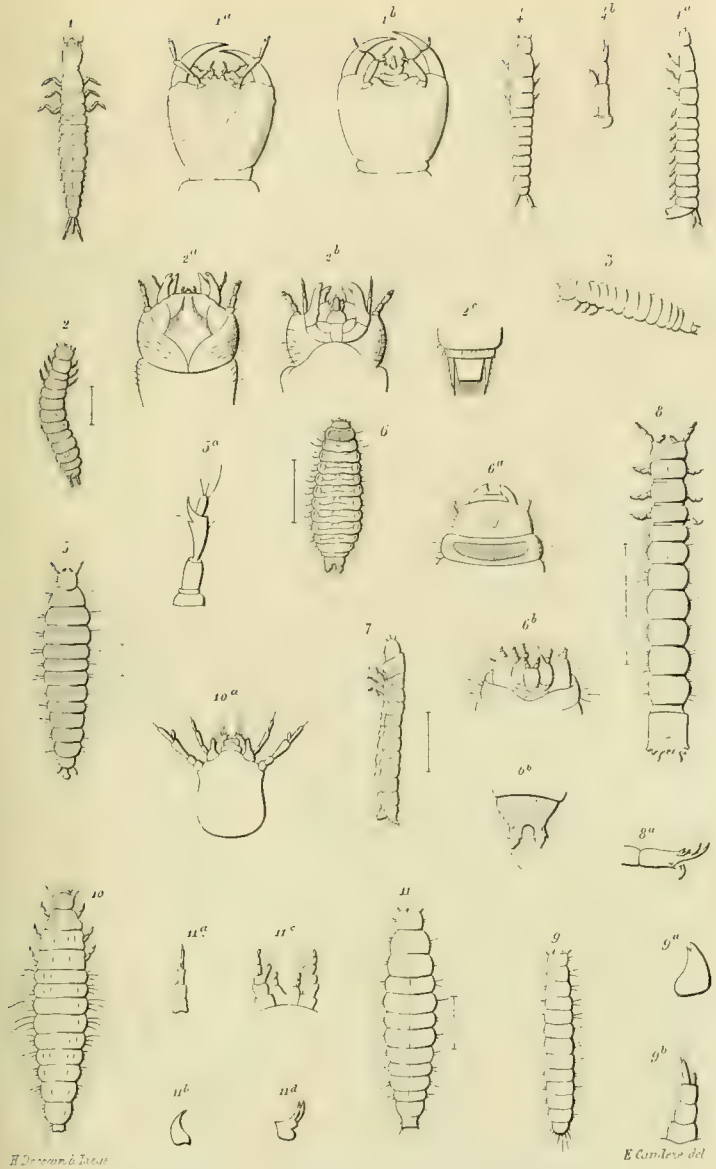
Fig. 2 *Crioceris merdigera.*
2ª La tête grossie vue en dessus ; — 2ᵇ la même vue en dessous ; — 2ᶜ deux segments abdominaux vus en dessous pour montrer les disques ventraux.

Fig. 3 *Chrysomela violacea.*
3ª Tête grossie vue en dessus ; — 3ᵇ la même vue en desssous.

Fig. 4 *Cassida rubiginosa.* (Ent. Zeit. 1851).
4ª Tête grossie vue en dessus ; — 4ᵇ la même vue en dessous.



Cicindélètes Carabiques Dytiscides Gyrinides
Hydrophiliens Silphales

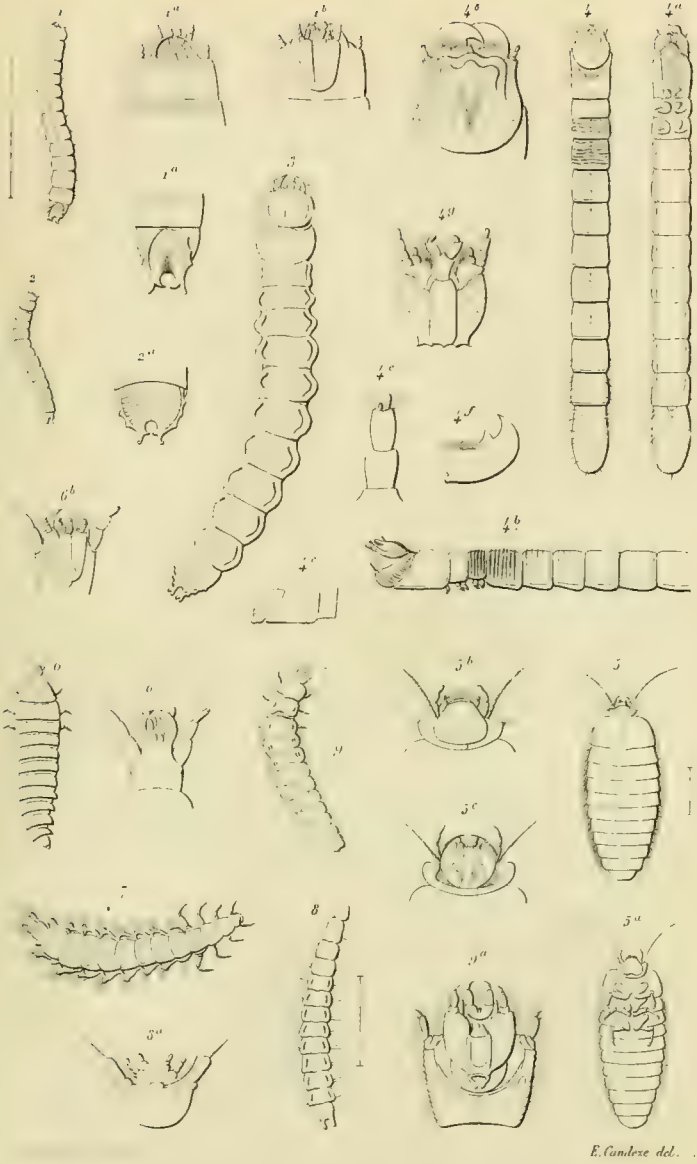


Staphyliens. Histériens. Tricopterigiens. Anisotomides
Nitidulaires. Colydiens. Cucujipes. Cryptophagides
Latridiens. Mycétophagides

Dermestins. Byrrhiens. Parnides. Hétérocérides.
Lamellicornes

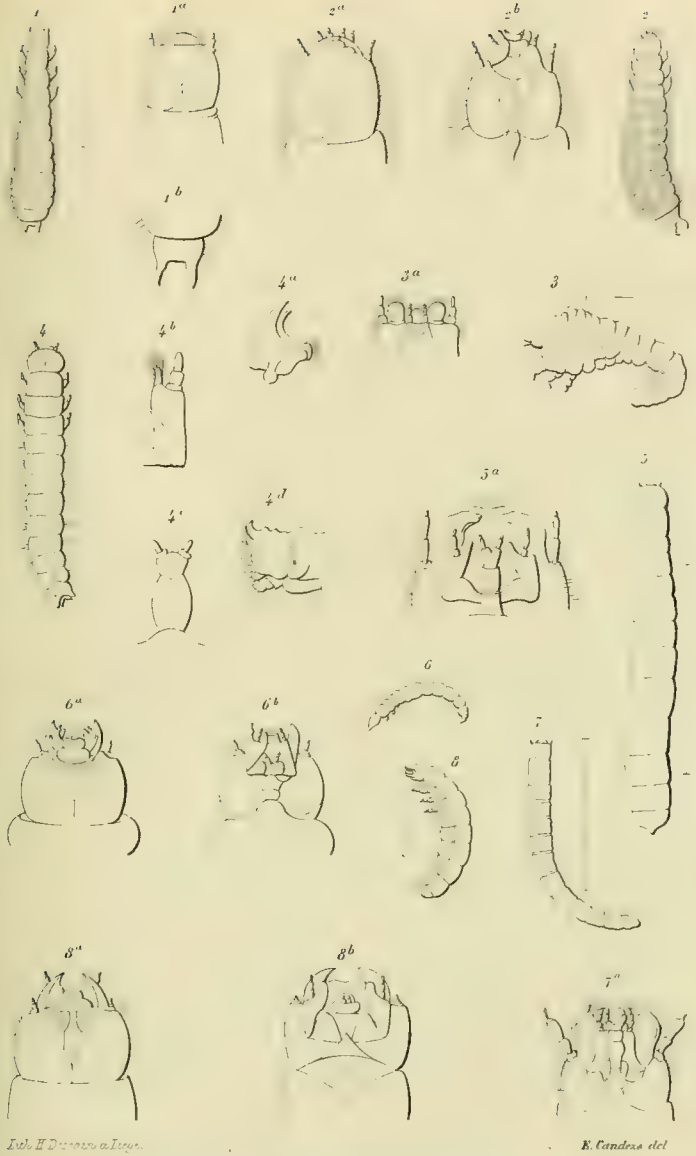
E Candèze del

Lamellicornes. Bubrestides. Eucnemides.

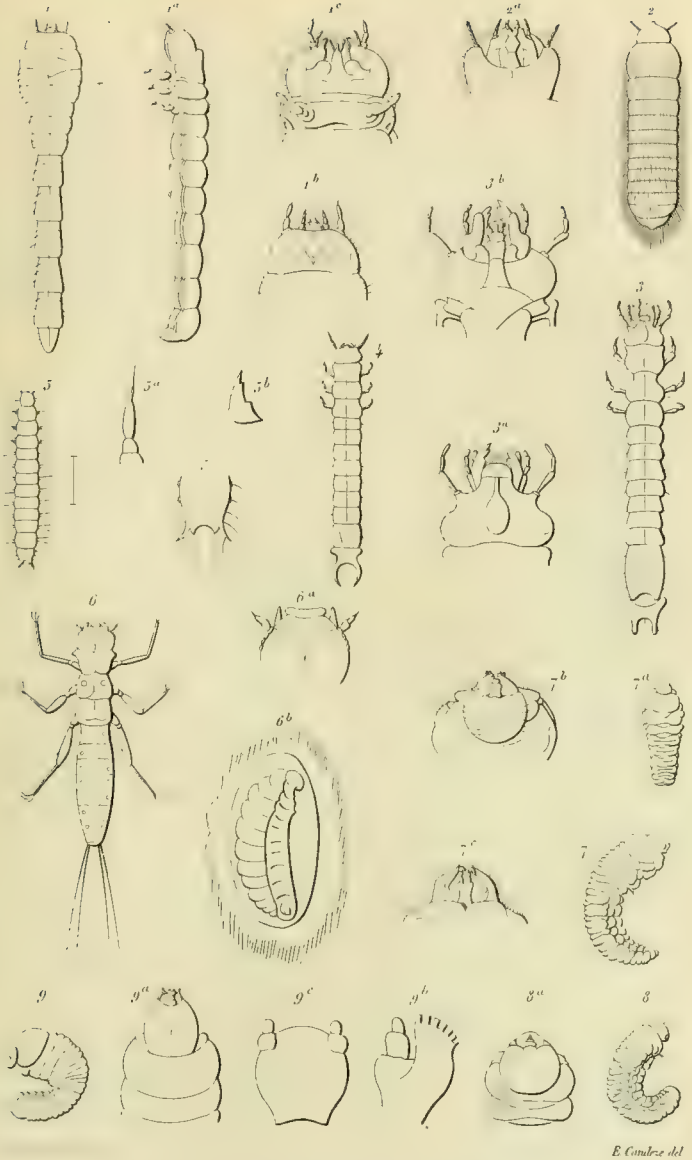


E. Candèze del.

Elatérides. Cebrionides. Cyphonides.
Lampyrides. Lycides. Téléphorides.

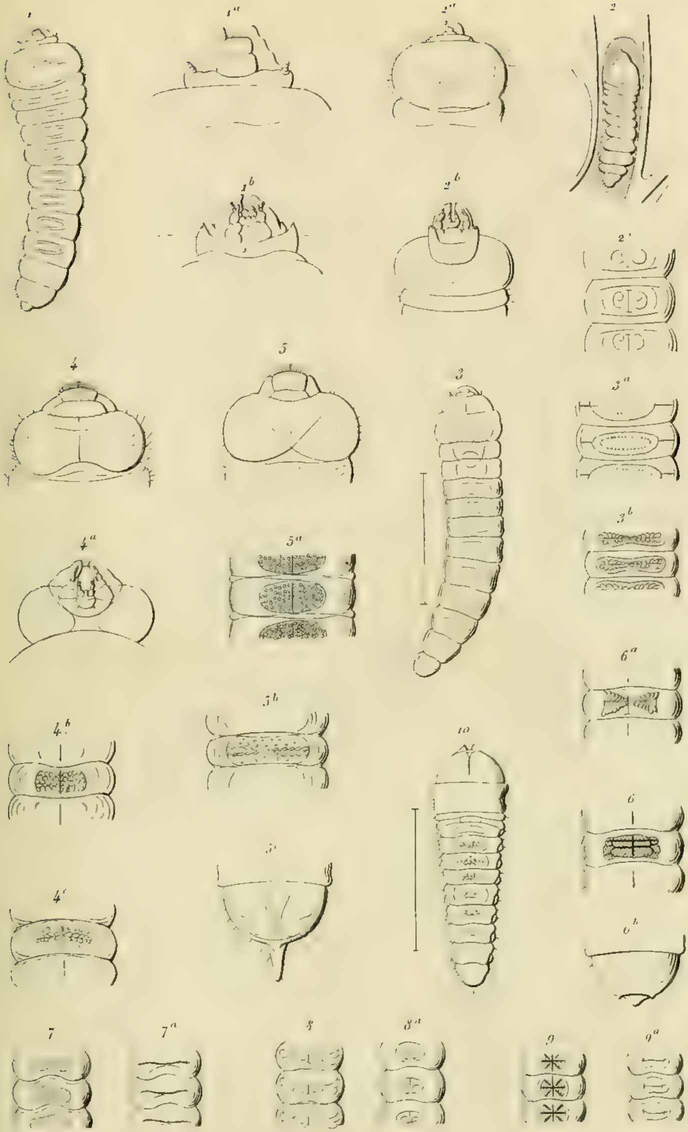


Mélyrides. Clérides. Ptiniores. Cissides.
Ténébrionides. Mélandriades.



E. Combre del

Oedémérides. Lagriaires. Pyrochroïdes. Méloïdes
Curculionides Bostrichides



E Candèze del

Longicornes

E. Candèze del.

Chrysomelines. Erotyliens. Clypeastres. Coccinellides
Endomychides

Fig. 5 *Clythra 4-punctata.*
5ª Tête grossie vue en dessus ; — 5ᵇ la même vue en dessous ; — 5ᶜ fourreau de la larve.

Fig. 6 *Hispa.* Le graveur a omis cette figure par mégarde.

Fig. 7 *Lina populi.*

Fig. 8 *Ischyrus 4-punctatus.*
8ª Tête grossie vue en dessus ; — 8ᵇ la même vue en dessous.

Fig. 9 *Orthoperus piceus.* (d'après M. Perris).

Fig. 10 *Epilachna argus.*
10ª La tête grossie vue en dessus ; 10ᵇ la même en dessous : 10ᶜ Un appendice dorsal fortement grossi.

Fig. 11 *Lycoperdina fasciata.*
11ª Antenne ; — 11ᵇ mandibules ; — 11ᶜ mâchoires et lèvre inférieure.

LISTE ALPHABÉTIQUE DES GENRES.

A.	Pages.
Acilius.	383
sulcatus.	»
Adelocera.	482
varia.	»
Ægithus.	624
surinamensis.	»
Æpus.	379
Robinii.	»
Æsalus.	370
scarabœoides.	»
Agapanthia.	588
irrorata.	»
Agathidium.	409
seminulum.	»
Agrilus.	477
fagi.	»
Aubei.	»
novicus.	»
angustulus.	»
tenuis.	»
biguttatus.	»
derasofasciatus.	»
viridipennis.	478
sexguttatus.	»
cinctus.	»
Agriotes.	487
obscurus.	»
segetis.	»
lineatus.	»
Agrypnus.	481
atomarius.	»
fuscipes.	482

	Pages.
Akis.	515
punctata.	»
Alaus.	482
oculatus.	»
Aleochara.	396
fuscipes.	»
Alticopus.	540
Galeazzi.	»
Amara.	379
trivialis.	»
Anaspis.	528
maculata.	»
Anathis.	634
ocellata.	»
Anchonus.	500
cribricollis.	»
Anisoplia.	460
praticola.	»
Anisosticta.	633
19-punctata.	»
Anisotomides.	407
Anobium.	509
tessellatum.	»
nigrinum.	»
striatum.	510
abietis.	»
Anomala.	460
Frischii.	»

	Pages.
Anthaxia.	476
4-punctata.	»
manca.	477
Anthia.	369
sexguttata.	»
Antliarhinus.	537
Zamiæ.	»
Anthonomus.	536
pomorum.	»
pyri.	»
druparum.	537
incurvus.	»
pedicularius.	»
Apalus.	533
bimaculatus.	»
Apate.	510
capucina.	»
sinuata.	»
sexdentata.	»
Dufourii.	»
francisca.	511
bispinosa.	»
Aphodius.	464
fimetarius.	»
conjugatus.	»
nigripes.	»
bimaculatus.	»
pecari.	»
inquinatus.	»
lividus.	»
fossor.	»

	Pages.
Apion.	544
craccæ.	545
radiolus.	»
ulicicola.	»
ulicis.	»
apricans.	»
Sayi.	»
flavipes.	546
flavifemoratum.	»
Arrhenodes.	»
septentrionis.	»
Asemum.	»
striatum.	584
Aspisoma.	495
candelaria.	»
Astynomus.	586
ædilis.	»
Ateuchus.	463
sacer.	»
Athous.	484
undulatus.	»
rhombeus.	»
hirtus.	»
Atomaria.	431
nigripennis.	»
Atopa.	492
cinerea.	»
Atopides.	492
Attagenus.	441
pellio.	»
Schæfferi.	442
megatoma.	»
Attelabus.	542
curculionoides.	»
Aulonum.	429
sulcatum.	»

B.

Balaninus.	557
nucum.	558
glandium.	558
salicivorus.	»
cerasorum.	»
Baridius.	560
chloris.	»
chlorizans.	561
trinotatus.	»
picinus.	»
cœrulescens.	»
Blaps.	515
obtusa.	»
mortisaga.	»
fatidica.	»
producta.	»
Boletophagus.	517
agaricola.	»
Bostrichides.	568
Bostrichus.	573
typographus.	»
laricis.	»
orthographus.	»
cembræ.	»
stenographus.	»
curvidens.	»
chalcographus.	574
bidens.	»
bid. *var.* 4-dent.	»
bid. *var.* trepanatus.	»
autographus.	»
bicolor.	»
villosus.	»
acuminatus.	»
bispinus.	»
micrographus.	»
dispar.	575
dactyliperda.	»
exesus.	»
pini.	»
pinastri.	»
Kaltenbachi.	»
Brachonyx.	555
indigena.	»
Brachytarsus.	538
scabrosus.	539
varius.	»
Brontes.	428
planatus.	»
Bruchus.	537
pisi.	538
Faldermanni.	»
pectinicornis.	»
ruficornis.	»
curvipes.	»
pandani.	»
Buprestides.	470
Byrrhiens.	445
Byrrhus.	448
pilula.	»
Byturus.	504
tomentosus.	»

C.

Calandra.	568
Sommeri.	»
Calathus.	376
latus.	»
Callidium.	583
luridum.	»
violaceum.	»
Calopus.	523
serraticornis.	»
Calosoma.	371
sycophanta.	»
inquisitor.	»
auropunctatum.	»
scrutator.	»
Calyptobium.	628
Kunzei.	»
Campylus.	486
mesomelas.	»
linearis.	»
Capnodis.	473
tenebrionis.	»
Carabiques.	365
Carabus.	370
auronitens.	»
depressus.	371
hortensis.	»

	Pages.
Cassida.	601
austriaca.	»
chloris.	»
denticollis.	»
equestris.	»
ferruginea	»
languida.	»
murræa.	»
maculata.	»
nebulosa.	»
obsoleta.	»
14-maculata.	»
rubiginosa.	»
sanguinosa.	»
tigrina.	602
vibex.	»
viridis.	»
bengalensis.	»
ampulla.	»
Catops.	394
fuscus.	»
Cebrio.	488
gigas.	»
CÉBRIONIDES.	»
Cetonia.	459
speciosissima.	»
aurata.	»
marmorata.	»
ænea.	460
fastuosa.	»
Cerambyx.	583
cerdo.	»
heros.	»
Cerylon.	421
histeroides.	»
Ceruchus.	469
tarandus.	»
Ceutorhynchus.	562
contractus.	»
assimilis.	»
macula alba.	»
sulcicollis.	»
Chalcophora.	474
mariana.	»
Fabricii.	475
Chilochorus.	634
bipustulatus.	»
cacti.	635
renipustulatus.	»
uva.	»
Chlænius.	373
Chrysina.	460
macropus.	»
Chrysobothris.	476
chrysostigma.	»
dentipes.	»
femoratus.	»
fulvoguttata.	»
Harrisii.	»
Chrysochroa.	473
ocellata.	»
Chrysomela.	608
fulgida.	609
hæmoptera.	»
violacea.	»
americana.	610
Cicindela.	363
campestris.	»
hybrida.	364
CICINDÉLIDES.	361
Cillenum.	380
Leachi.	»
Cionus.	563
scrophulariæ.	564
verbasci.	»
olens.	»
ungulatus.	»
fraxini.	»
Cis.	512
boleti.	»
Jaquemartii.	»
laminatus.	»
Melliei.	»
alni (*punctulatus*).	»
CISSIDES.	511
Cistela.	517
ceramboides.	»
Claviger.	394
foveolatus.	»
Cleogonus.	562
Fairmairei.	562
Cleopus.	565
linariæ.	»
affinis.	»
CLÉRIDES.	504
Clerus.	506
alvearius.	»
apiarius.	»
formicarius.	»
Buquetii.	»
Clytus.	584
arietis.	»
arcuatus.	»
Clypeaster.	627
lateralis.	»
CLYPÉASTRES.	625
Clythra.	619
4-punctata.	»
lœviuscula.	»
palmata.	620
tristigma.	»
vicina.	»
4-maculata.	»
floralis.	»
longimana.	»
humeralis.	»
distinguenda.	»
meridionalis.	»
8-signata.	621
Coccidula.	636
scutellata.	»
Coccinella.	633
7-punctata.	»
hieroglyphica.	»
olivetarum.	»
COCCINELLIDES.	630
Colaphus.	614
barbarus.	»
COLYDIENS.	419
Colydium.	420
elongatum.	»
castaneum.	»
filiforme.	»
Coniatus.	565

	Pages.
chrysochlora.	565
Corœbus.	478
amethystinus.	»
Conotrachelus.	562
nenuphar.	»
argula.	»
Corticaria.	435
pubescens.	»
Corynetes.	507
ruficollis.	»
Cratoparis.	540
lunatus.	»
Crioceris.	598
merdigera.	»
brunnea.	599
12-punctata.	»
asparagi.	»
Cryphalus.	575
abietis.	»
piceæ.	»
tiliæ.	576
Crypticus.	515
glaber.	»
Cryptocephalus.	621
labiatus.	»
12-punctatus.	622
bi-punctatus.	»
coryli.	»
sericeus.	»
moræi.	»
vittatus.	»
pini.	»
gracilis.	»
minutus.	»
hieroglyphicus.	»
Cryptophagides.	429
Cryptophagus.	»
pilosus.	»
lycoperdi.	430
cellaris.	»
hirtus.	»
dentatus.	»
Cryptorhynchus.	561
lapathi.	»
Crypturgus.	576
pityographus.	»
fagi.	»
Lichtensteinii.	»
cinereus.	»
pusillus.	»
Cucujipes.	424
Cucujus.	426
hæmatodes.	»
Curculionides.	534
Cybister.	383
Rœselii.	»
Cychrus.	370
rostratus.	»
Cyphon.	495
pallidus.	»
Cyphonides.	493
Cyrtonus.	607
rotundatus.	»

D.

Dasytes.	504
serricornis.	»
Deltochilum.	463
brasiliense.	»
Dendroctonus.	579
hederæ.	»
micans.	»
Dermestes.	439
murinus.	»
lardarius.	»
undulatus.	440
Dermestins.	436
Diaperis.	515
boleti.	»
ænea.	»
Dicœlus.	375
violaceus.	»
Dicerca.	473
berolinensis.	»
divaricata.	»
cuprea.	474
costicollis.	»
Dinastes.	456
hercules.	»
dichotomus.	»
atlas.	»
gideon.	»
Diphyllus.	431
lunatus.	»
Dircœa.	516
discolor.	»
Ditomus.	370
bucephalus.	»
Ditylus.	523
lœvis.	»
Donacia.	596
crassipes.	»
menianthydis.	»
lemnæ.	»
sagittariæ.	»
Dorcatoma.	510
dresdensis.	»
bovistæ.	»
rubens.	»
Dorcus.	469
parallelipipedus.	»
Drilus.	495
mauritanicus.	»
flavescens.	»
Dytiscides.	380
Dytiscus.	383
marginalis.	»

E.

Elater.	487
sanguineus.	»
fulvipennis.	»
Elatérides.	479
Elmis.	450
æneus.	»
lithophilus.	»
Endomychides.	627
Endomychus.	628
coccineus.	»

	Pages.
Engis.	625
rufifrons.	»
Enicocerus.	389
viridiæneus.	»
Enneartron.	513
cornutum.	»
Epilachna.	635
argus.	»
chrysomelina.	»
Epurea.	410
obsoleta.	»
Ergates.	582
faber.	»
Erirhinus.	555
festucæ.	»
EROTYLIENS.	622
Eucallia.	364
Boussingaultii.	»
Euchroma.	473
gigantea.	»
Eucinetes.	495
meridionalis.	»
EUCNÉMIDES.	478
Eumolpus.	616
vitis.	»
Eurypalpus.	495
Lecontei.	»
Eurythyrea.	475
quercus.	»

F.

Feronia.	378
striola.	»
Figulus.	470
striatus.	»

G.

Galerita.	367
Lecontei.	»
Galeruca.	614
tanaceti.	615
alni.	»
nymphææ.	»
capreæ.	»
viburni.	»
rustica	»
Gastrophysa.	612
polygoni.	»
Geotrupes.	463
stercorarius.	»
Gnorimus.	457
nobilis.	»
Goneoctena.	613
rufipes.	»
5-punctata.	»
Gracilia.	584
pygmea.	»
Grammoptera.	590
ruficornis.	»
Gymnetron.	565
villosulus.	»
verbasci.	»
GYRINIDES.	384
Gyrinus.	»

H.

Hœmonia.	596
equiseti.	»
Gyllenhalii.	»
Hallomenus.	521
fasciatus.	»
Haltica.	607
nemorum.	»
vitivora.	»
erucæ.	»
oleracea.	»
hemisphærica.	»
Halysia.	634
18-guttata.	»
Helodes.	612
aucta.	»
phellandrii.	613
Helophilus.	388
lividus.	»
Helops.	516
cœruleus.	»
lanipes.	»
ater.	517
HÉTÉROCERIDES.	451
Heterocerus.	452
marginatus.	»
Hispa.	604
rosea.	»
quercifolia.	»
suturalis.	»
vittata.	»
Hister.	405
cadaverinus.	»
merdarius.	»
HISTÉRIENS.	404
Hololepta.	405
quadridentata.	»
Hoplia.	462
aulica.	»
Horia.	529
maculata.	»
HYDROPHILIENS.	386
Hydrophilus.	387
piceus.	»
Hydrous.	388
caraboides.	»
Hylastes.	580
ater.	»
palliatus.	»
cunicularius.	»
Hylesinus.	579
oleiperda.	»
vittatus.	»
crenatus.	»
fraxini.	»
varius.	»
spartii.	»
Hylobius.	547
abietis.	»
pales.	»

	Pages.
Hylurgus.	579
ligniperda.	»
dentatus.	»
piniperda.	»
trifolii.	»
Hypophlœus.	516
bicolor.	»
I.	
Idalia.	633
livida.	»
bipunctata.	»
Ips.	412
4-pustulata.	»
Ischyrus.	622
4-punctatus.	»
L.	
Lacon.	482
murinus.	»
Lemophlœus.	428
ater.	»
Lagria.	524
hirta.	»
LAGRIAIRES.	523
Lamia.	585
textor.	»
amputator.	586
rubus.	»
LAMELLICORNES.	452
Lampra.	475
festiva.	»
rutilans.	»
LAMPYRIDES.	497
Lampyris.	488
noctiluca.	489
italica.	»
Larinus.	552
maculosus.	»
maurus.	»
Lasia.	635
globosa.	»

	Pages.
LATRIDIENS.	452
Latridius.	»
lardarius.	»
porcatus.	»
minutus.	433
Leiopus.	586
nebulosus.	»
Lema.	599
melanopa.	»
cyanella.	»
trilineata.	»
Leptura.	589
scutellata.	»
Lina.	610
populi.	611
tremulæ.	»
scripta.	»
ænea.	612
Escheri.	»
dorsalis.	»
Liodes.	407
humeralis.	»
Lixus.	551
paraplecticus.	»
turbatus.	»
juncii.	»
bardanæ.	»
filiformis.	»
octolineatus.	»
gemellatus.	552
angustatus.	»
LONGICORNES.	580
Lucanus.	469
cervus.	»
saiga.	»
alces.	»
Ludius.	487
ferrugineus.	»
Luperus.	614
LYCIDES.	500
Lycoperdina.	628
fasciata.	»
Lycus.	501
sanguineus.	»

	Pages.
Lymexylon.	511
dermestoides.	»
navale.	»
Lytta.	532
vesicatoria.	»
M.	
Macrodactylus.	462
subspinosus.	»
Macronychus.	450
4-tuberculatus.	»
Malachius.	503
æneus.	»
Malthinus,	»
biguttatus.	»
Mecinus.	566
collaris.	»
Megacephala.	365
curta.	»
Martii.	»
Spixii.	»
Megarthrus.	402
Melandrya.	519
serrata.	»
MELANDRYADES.	518
Melanotus.	481
niger.	»
rufipes.	»
Melasis.	479
flabellicornis.	»
Meloë.	530
proscarabœus.	532
scabrosus.	»
cicatricosus.	»
MELOÏDES.	529
Melolontha.	461
puncticollis.	»
vulgaris.	»
MELYRIDES.	503
Micralymma.	401
brevipenne.	»

	Pages.
Mononychus.	561
pseudacori.	»
Mordella.	528
aculeata.	»
fasciata	»
pusilla.	»
MORDELLONES.	527
Morimus.	586
lugubris.	»
Mormolyce.	378
phyllodes.	»
Mycetœa.	625
hirta.	»
Mycetochares.	517
linearis.	»
axillaris.	»
scapularis.	»
MYCÉTOPHAGIDES.	435
Mycetophagus.	436
multipunctatus.	»
4-pustulatus.	»
Myrrha.	633
18-guttata.	»
Mysia.	634
oblongoguttata.	»

N.

Nacerdes.	523
maritima.	»
Nanophies.	»
tamaricis.	565
Nebria.	373
Germari.	»
brevicollis.	»
Necrodes.	392
littoralis.	»
Necrophorus.	391
humator.	»
vespillo.	»
Nemosoma.	414
elongata.	»
NITIDULAIRES.	410
Nosodendron.	445
fasciculare.	»
Noterus.	384
crassicornis.	»

O.

Ochthebius.	389
granulatus.	»
Ocypus.	399
olens.	»
OEdemera.	522
viridissima.	»
dispar.	»
seladonia.	523
OEDÉMÉRIDES.	521
Omophron.	373
limbatum.	»
Onthophagus.	463
taurus.	»
vacca.	464
Opatrum.	515
pygmaæm.	»
Opilo.	506
mollis.	»
domesticus.	»
Orchesia.	519
micans.	»
Orchestes.	559
scutellaris.	560
fagi.	»
alni.	»
ulmi.	»
quercus.	»
Orthoperus.	625
piceus.	»
Oryctes.	456
silenus.	»
gryphus.	»
nasicornis.	»
Osmoderma.	457
eremita.	»
Osorius.	490
incisicrurus.	»
Otiorhynchus.	550
sulcatus.	»
ater.	»
Oxytelus.	400
sculptus.	»
Parmena.	585
pilosa.	»
PARNIDES.	449
Pasimachus.	370
elongatus.	»
Passalus.	467
interruptus.	»
punctiger.	»
cornutus.	»
distinctus.	»
PAUSSIDES.	422
Paussus.	424
bifasciatus.	»
Pelidnota.	460
punctata.	»
Peltis.	417
grossa.	»
Pentaphyllus.	515
testaceus.	»
Philhydrus.	388
bicolor.	»
menalocephalus.	»
Philonthus.	399
æneus.	»
politus.	»
Phlœotribus.	578
oleæ.	»
Phosphænus.	495
hemipterus.	»
Phratora.	612
vitellinæ.	»
Phyllobius.	549
oblongus.	»

	Pages.
Phyllopertha.	460.
horticola.	»
Phytobius.	558
notula.	559
Phytonomus.	548
rumicis.	»
plantaginis.	549
marinus.	»
pollux.	»
arundinis.	»
viciæ.	»
Pissodes.	554
notatus.	»
strobi.	»
piceæ.	»
herciniæ.	»
pini.	»
Platycerus.	469
caraboides.	»
Platypus.	572
cylindrus.	»
Platysthetus.	400
morsitans.	»
Plinthus.	547
caliginosus.	»
Pocadius.	412
ferrugineus.	»
Pogonocherus.	586
pilosus.	»
Polydrosus.	546
oblongus.	»
cervinus.	»
Polygraphus.	578
pubescens.	»
oleæ.	»
Polyphylla.	461
fullo.	»
Poropleura.	621
monstrosa.	»
Prionus.	582
coriarius.	»
damicornis.	»
Pristonychus.	376
terricola.	»
Procrustes.	370
coriaceus.	»
Prognatha.	402
quadricornis.	»
Propylea.	634
14-punctata.	»
Prostomis.	425
mandibularis.	»
Proteinus.	402
brevicollis.	»
Psélaphiens.	394
Psiloptera.	473
attenuata.	»
Ptiniores.	508
Ptinus.	509
fur.	»
imperialis.	»
Ptosima.	476
9-maculata.	»
Pyrochroa.	526
coccinea.	»
rubens.	»
pectinicornis.	»
Pyrochroïdes.	524
Pyrophorus.	484
noctilucus.	»
Pytho.	526
depressus.	»
invagator.	588
bifasciatum.	»
salicis.	589
putator.	»
Rhina.	568
nigra.	»
Rhinocyllus.	553
latirostris.	»
Rhinosimus.	533
roboris.	»
Rhipiphorus.	529
bimaculatus.	»
paradoxus.	»
Rhizophagus.	412
depressus.	»
Rhizotrogus.	462
solstitialis.	»
ruficornis.	»
marginipes.	»
Rhopalodontus.	543
perforatus.	»
Rhynchites.	542
betulæ.	543
capreæ.	»
Alliariæ.	»
betuleti.	»
Bacchus.	»
Populi.	»
Rhynchophorus.	568
palmarum.	»
Salpingides.	533
Saperda.	587
carcharias.	»
scalaris.	»
populnea.	»
linearis.	»
gracilis.	»
punctata.	»
virescens.	»
Scimnus.	635
minimus.	636

Q.

Quedius.	399
dilatatus.	»
fulgidus.	»
fuliginosus.	»

R.

Rhagium.	588
inquisitor.	»

S.

	Pages.
Scolytus.	577
intricatus.	»
multistriatus.	»
pygmæus.	»
hemorrhous.	»
pruni.	»
rugulosus.	»
carpini.	»
destructor.	»
strobi.	578
pyri.	»
amygdali.	»
Serica.	462
brunnea.	»
Serropalpus.	519
rufipes.	»
Silpha.	391
alpina.	»
thoracica.	392
grisea.	»
obscura.	»
opaca.	»
orientalis.	»
SILPHALES.	389
Silvanus.	429
sexdentatus.	»
Simplocaria.	448
semistriata.	»
Sinodendron.	470
cylindricum.	»
Sisyphus.	463
Schæfferi.	»
Sitaris.	533
humeralis.	»
Sitophilus.	567
granarius.	»
oryzæ.	»
Soronia	410
grisea.	»
Sphæridium.	389
Spartophila.	614
sexpunctata.	»
litura.	»
Sphænophorus.	568
lyratus.	»
sacchari.	»
Spercheus.	389
emarginatus.	»
Spondylis.	582
buprestoides.	»
STAPHYLIENS.	395
Staphylinus.	399
maxillosus.	»
murinus.	»
Sternocera.	473
Chrysis.	»
Strangalia.	589
elongata.	»
aurulenta.	»
calcarata.	590
Symbius.	529
blattarum.	»
Synchita.	420
juglandis.	»
T.	
Tachinus.	397
humeralis.	»
Tachyporus.	»
cellaris.	»
Tamnophilus.	555
violaceus.	»
TÉLÉPHORIDES.	501
Telephorus.	502
rufus.	503
fuscus.	»
lividus.	»
Tenebrio.	516
molitor.	»
obscurus.	»
TÉNÉBRIONIDES.	513
Thea.	634
22-punctata.	»
Thymalus.	417
limbatus.	»
Tillus.	507
unifasciatus.	»
Timarcha.	608
tenebricosa.	»
Tiresias.	443
serra.	»
Trichius.	458
fasciatus.	»
Tricorynus.	509
zeæ.	»
Trichoptérigiens.	405
Trichopterix.	406
intermedia.	»
limbata.	407
Trinodes.	444
hirtus.	»
Triphyllus.	436
punctatus.	»
Triplax.	625
nigripennis.	»
Trogoderma.	442
Trogosita.	445
mauritanica.	»
Trox.	466
arenarius.	»
carolinus.	»
U.	
Uloma.	516
fagi.	»
V.	
Valgus.	458
hemipterus.	»
X.	
Xantholinus.	399
punctulatus.	»

	Pages.
Xylographus.	513
bostrichoides.	»
Xyloteres.	576
lineatus.	»
domesticus.	576
Saxesenii.	577
Xystrocera.	583
globosa.	»

Z.

	Pages.
Zabrus.	378
gibbus.	»
Zirophorus.	401
longicornis.	»

IX. — *Notes additionnelles aux Recherches sur la Télégraphie électrique*,

PAR

M. GLOESENER,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE.

I.

J'ai indiqué brièvement (page 247) comment on peut écrire, à l'aide d'un procédé chimique, les dépêches à de très-grandes distances sans pile locale et sans ressort de rappel.

L'importance et la simplicité de construction de ce système m'engage à le décrire en détail; il peut fonctionner à simple effet et à double effet. Dans le premier cas une batterie assez intense pour faire fonctionner un relais suffit; dans l'autre, il faut employer une force motrice un peu plus grande.

Le Télégraphe complet se compose d'un transmetteur, d'un appareil à écrire, et d'un mécanisme particulier pour mouvoir le papier.

Je me sers de la clef décrite Fig. 5, Pl. XI ou d'un manipulateur semblable à celui qui est employé dans les Télégraphes à aiguilles (p. 172).

L'appareil qui écrit se compose d'une palette aimantée NS (Pl. XII, Fig. 1) suspendue verticalement, au moyen d'un axe horizontal XZ, entre deux doubles électro-aimants E et E′, F et F′ fixés horizontalement sur une planche en bois, à l'aide de deux traverses en laiton C et C′ portées chacune par deux vis V et V V′ et V′. Au point O de la palette est soudée une tige T en laiton, terminée par un gros fil en platine, formant à l'extrémité A un petit porte-plume P où l'on fixe un léger cône tronqué en pierre-ponce.

2.. 2.. 3.. 3... bande de papier passant au-dessus de la plume P, sous un rouleau en laiton R, et au-dessus d'un autre rouleau semblable R′; MM bac en porcelaine ou en verre épais, large près de sa base et étroit à sa partie supérieure, contenant de l'acide sulfurique faible ou toute autre dissolution propre à faire des marques distinctes sur du papier plongé préalablement dans une dissolution de teinture de tournesol ou dans une autre aussi convenable. La plume plonge presque en totalité dans l'acide; et aussitôt que le courant passe par les électro-aimants, alternativement en sens contraire, elle se soulève, marque sur le papier ou un point ou une petite ligne rouge, retombe, se soulève de nouveau, et ainsi de suite. Cet appareil à simple effet fonctionne parfaitement bien.

Pour rendre ce système à double effet, on adapte à la planche en bois un support vertical en laiton QQ′ portant deux vis *c* et *d*, entre lesquelles on suspend une tige en laiton T′ reposant sur la lame *mn* soudée à la palette en *m* et terminée par un gros fil en platine formant un porte-plume P′, où l'on engage aussi un cône tronqué en pierre-ponce, comme dans l'autre porte-plume.

Tout est disposé de telle façon qu'aussitôt que la palette aimantée commence à vibrer entre les deux électro-aimants, l'une des plumes, par exemple P, se soulève et marque sur le papier, lorsque l'autre P′ s'abaisse, et réciproquement. Les signes tracés par l'une sont sur une ligne parallèle à celle où se trouvent les marques faites par l'autre. Mais les marques faites par l'une d'elles correspondent à des blancs laissés entre celles que trace l'autre; toutefois, rien n'empêche de lire ces points et ces lignes, comme s'ils se trouvaient sur la même ligne.

Quoique ce dernier système fonctionne bien et soit aussi très-simple, le premier est pourtant plus simple encore et marche aussi sous l'action d'une force motrice plus faible. S'il n'envoie pas les dépêches avec autant de célérité que l'autre, sa vitesse de transmission égale cependant pour le moins celle du système de M. Morse auquel il est, sous d'autres rapports, manifestement préférable.

II.

J'ai cru convenable de représenter un poste télégraphique complet (Pl. I) pour le Télégraphe à cadran, et un autre (Pl. II) pour le Télégraphe à aiguilles astatiques. En jetant les yeux sur ces

planches, le lecteur embrasse d'un seul regard les différentes parties qui, réunies, constituent un Télégraphe complet, disposé comme il doit l'être dans la pratique. Il comprendra très-facilement tout ce que je dis en parlant soit du manipulateur, soit du récepteur, soit enfin de l'un ou l'autre organe de chacun de ces appareils.

Au surplus, le lecteur pourra consulter les paragraphes IX et X de mon Mémoire relativement à la première planche, et le paragraphe V pour la planche II. Le Télégraphe représenté sur cette dernière est double, c'est-à-dire composé de deux appareils simples juxta-posés. Une seule pile les fait fonctionner alternativement ou simultanément à la volonté du télégraphiste. Il faut employer deux fils de ligne, deux fils de terre, et deux fils qui passent des deux pôle de la pile au Télégraphe.

Je n'ai fait figurer sur la planche II qu'un seul fil de ligne et un fil de terre, afin de ne pas la surcharger.

Le courant venant de la pile ne peut se rendre que dans celui des Télégraphes dont la manivelle est inclinée. Le lecteur comprendra facilement comment le circuit du courant s'établit, s'il veut bien jeter un coup-d'œil sur la Fig. I de la Pl. V qui représente un appareil simple, et fixer son attention sur la position des deux ressorts PP′, QQ′, ainsi que sur celle de la tige T et de la lame LL de la Pl. II. La tige T est fixée à l'axe V de la manivelle, mais isolée de cet axe. Si le courant passe de V dans le ressort PP′, il circule par le multiplicateur et les électro-aimants, par le fil de la ligne dans le Télégraphe homologue de la station éloignée, revient par la terre et passe dans le ressort QQ′. Or, la tige T s'incline avec la manivelle et est disposée de façon à ce qu'elle touche le ressort QQ′, lorsque l'axe V, touche celui PP′, et réciproquement : cette même tige T frotte d'ailleurs en se mouvant contre la lame LL; par conséquent, le courant arrivé dans le ressort QQ′ passe par la tige T dans la lame LL et dans la pile, puisque cette lame communique métalliquement avec cette dernière.

Lorsque le courant passe de la pile par le ressort QQ′, l'axe V étant mis en contact avec QQ′, il revient après avoir parcouru son circuit par le ressort PP′, par la tige T, et par la lame LL dans la pile.

Quand deux appareils contigus fonctionnent à la fois, le courant se divise en deux autres, dont l'un passe dans l'appareil A et le fil de ligne B, etc., et l'autre dans l'appareil A′ et le fil de ligne B′,

mais, après avoir achevé leur circuit, ils retournent chacun par une tige T dans la lame LL et dans la pile.

Le Télégraphe à mouvement direct et rétrograde, avec lequel j'ai transmis 46 lettres par minute (p. 182), était à simple effet; chacune des trois roues à rocher Z, Z', Z'' avec 26 dents; le cadran X portait 25 lettres et le signe +. Je me servais ordinairement du changeur (Pl. IX, Fig. 2) décrit dans le paragraphe IX. Le courant passait dans l'appareil représenté Fig. 1 et 2, Pl. VI. De là il se rend par le fil de la ligne dans un appareil semblable, placé à la station qui reçoit, pour revenir par la terre. L'aiguille du premier appareil indique les lettres à transmettre, et celle du second les lettres reçues.

Lorsque je faisais fonctionner les deux appareils simultanément, je ne mettais que deux électro-aimants dans chacun, ainsi qu'il est dit p. 40, et, comme je le faisais souvent dans mes recherches, en opérant avec un seul appareil.

Le manipulateur décrit p. 183 peut servir de deux manières différentes : si l'on conduit le courant du manipulateur dans le récepteur Fig. 2 ou dans le récepteur semblable Fig. 1, à la station A, puis par le fil de la ligne dans un récepteur identique placé à la station B, l'anneau en ivoire, la roue dentée fixée au-dessus et le demi-cercle adapté à la manivelle sont inutiles. Mais ces pièces deviennent nécessaires lorsque on veut transmettre directement, c'est-à-dire ne se servir que d'un seul récepteur placé à la station qui reçoit.

Dans ce dernier cas le lecteur comprendra plus facilement le texte, si après les mots : *sans la déplacer,* il ajoute le passage suivant omis par mégarde :

« Le dernier cercle est fixé dans son point milieu à la manivelle, au moyen d'une cheville en bois ou d'une tige en acier autour de laquelle il peut tourner un peu à frottement dur. Chacun de ses bouts rencontre, quand il est à la moitié de sa course, un petit plan incliné qui le soulève subitement et fait que les pointes dont il est muni peuvent avancer la roue d'une dent. Cette disposition ne serait pas nécessaire, si l'anneau en ivoire et la roue dentée qu'il porte, étaient séparés de la manivelle et restaient par conséquent immobiles. »

Ma brochure était déjà imprimée lorsque j'ai soumis le relais à aiguilles (p. 224) à de nouvelles épreuves : les battements de l'aiguille, qui reçoit le courant positif de la pile locale contre des tiges

ou lames en métal, me semblent un peu faibles pour fermer cette pile avec régularité et la faire par conséquent écrire avec certitude, surtout si l'on opère avec célérité. Par conséquent, il faudra préférer à ce relais les deux relais représentés Fig. 8 et 10, Pl. XI, et surtout ce dernier, qui me semble ne rien laisser à désirer.

III.

Je n'ai pas parlé dans mon Mémoire de l'appareil télégraphique de M. Lippens. Il s'en trouve une description détaillée et un compte très-favorable rendu par M. Vinchent, ingénieur de l'Etat, dans le tome XI des *Annales des travaux publics de Belgique*, année 1852. Je regrette beaucoup et sincèrement que, sous plusieurs rapports, je ne puisse partager l'opinion de cet honorable et savant ingénieur.

M. Lippens, dans sa requête à M. le Ministre des travaux publics en date du 4 novembre 1850, tendant à obtenir la fourniture des Télégraphes à cadran et à lettres pour le service des stations des chemins de fer, dit (p. 557), « que le principe caractéristique et dominant du système qu'il propose est celui que j'ai recommandé dans un Mémoire adressé à l'Institut de France en 1848. »

A la même page, il est dit « qu'il s'agissait d'appliquer les principes précédemment découverts. » D'autres passages contiennent des dispositions proposées par M. Lippens, et nécessaires, d'après lui, pour rendre applicable aux Télégraphes à cadran et à lettres le principe du renversement des courants que j'ai adopté dans mon perfectionnement des Télégraphes à cadran et à lettres.

D'après la teneur de la demande de M. Lippens, il paraîtrait qu'il a construit ses appareils télégraphiques conformément à un principe proposé par moi, et que ce principe n'était pas encore directement applicable aux Télégraphes à cadran, sans les perfectionnements ultérieurs qu'il y a lui-même ajoutés. Or, ce sont ces deux points que je conteste et contre lesquels je réclame.

J'ai construit un appareil télégraphique, qui a fonctionné depuis 1848 dans mes cours et devant des témoins à l'Université de Liége. Il peut fonctionner sur de grandes lignes, sans qu'il soit nécessaire d'y apporter des dispositions particulières : il suffit d'employer une batterie voltaïque de l'intensité qu'exige la distance à parcourir par le courant.

M. Lippens, au lieu de construire les appareils télégraphiques,

d'après un principe proposé par moi dans un mémoire qu'il n'a pu connaître, les a confectionnés en ayant sous les yeux un appareil que j'avais confié à M. Devaux membre de la Commission des Télégraphes, appareil qu'il a vu et fait fonctionner en qualité de mécanicien de cette Commission.

Le récepteur du premier appareil de M. Lippens se compose d'un cadran vertical portant les lettres de l'alphabet et des chiffres; des roues de rencontre; d'une palette aimantée suspendue verticalement entre deux électro-aimants horizontaux placés symétriquements de part et d'autre et fort près de cette palette, dont le mouvement vibratoire est réglé par deux pointes contre lesquelles sa tige va frapper alternativement.

Le récepteur de mon appareil consiste en un cadran vertical portant les lettres de l'alphabet; en un mouvement d'horlogerie; en une palette aimantée verticale, et deux électro-aimants disposés précisément comme ils le sont dans l'appareil de M. Lippens. Or, mon perfectionnement consiste dans la suppression du ressort de rappel, ainsi que dans l'emploi et la disposition de la palette aimantée et des deux électro-aimants.

Ce sont ces pièces qui donnent une supériorité marquée à mon récepteur sur les récepteurs des Télégraphes à cadran ordinaires.

Le manipulateur de mon appareil construit en premier lieu, se compose d'un commutateur qui change la direction du courant quatre fois dans une révolution; d'un cadran avec l'alphabet et des roues dentées ajusté de façon que l'on transmet une lettre chaque fois que le cadran mobile l'amène devant une aiguille fixe. Cette disposition des roues et du cadran est indiquée pag. 371 de l'ouvrage sur la Télégraphie de M. Moigno. Mon appareil a été déposé en 1848 au cabinet de physique de l'Université de Liége, et c'est cet appareil qui a fonctionné devant l'honorable M. Devaux, en 1850. Dans sa lettre du 15 juin de la même année, il ne me demande de lui confier que le récepteur décrit ci-dessus et le commutateur de mon manipulateur.

M. Lippens a donc pû voir ce commutateur, et le faire fonctionner devant la Commission des Télégraphes. On peut donner à cet organe des formes différentes (paragraphe IX et X), et le nombre de fois qu'il renverse le courant n'influe pas sur le mode, mais uniquement sur la vitesse de transmission des signaux.

Il résulte de tout ceci qu'au lieu de recommander un principe, comme le dit M. Lippens, j'ai construit un Télégraphe propre à

fonctionner. Les pièces accessoires et nécessaires pour un service complet sur des grandes lignes ne peuvent être prises ici en considération.

Mon appareil n'a pas besoin de nouvelle disposition, comme le pense l'honorable mécanicien, pour les communications directes : « ces communications, dit-il, donnent lieu à une difficulté inhérente au mode de renversement des courants. » D'après lui, deux appareils impairs, entre lesquels on a supprimé momentanément un appareil pair, ne peuvent se comprendre : il en est de même de deux appareils pairs entre lesquels on a momentanément supprimé un appareil impair. Il faut un commutateur à glissière pour les mettre d'accord. Ce cas se présente en effet dans la disposition des appareils de M. Lippens; mais les lois de l'électro-magnétisme permettent de disposer sur une ligne un nombre quelconque d'appareils, de façon à ce que deux appareils pairs ainsi que deux appareils impairs, se comprennent parfaitement, et que les aiguilles indicatrices de tous soient d'accord dans leur marche.

J'ai pris trois appareils, A, B, C; j'ai changé à l'aide d'un commutateur la direction du courant alternativement en sens contraire, puis je l'ai fait passer : 1° dans les appareils A et B; 2° dans les appareils B et C; 4° dans les trois appareils à la fois. Or, dans ces diverses expériences, les aiguilles indiquaient constamment la même lettre dans le même moment, c'est-à-dire qu'elles se comprenaient parfaitement; et cela doit être ainsi pour un nombre quelconque d'appareils fonctionnant simultanément.

Il résulte de ces expériences, d'accord avec la théorie, que le principe du renversement des courants est directement applicable aux communications directes comme aux communications entre des stations voisines, et que par conséquent la disposition consistant en un commutateur à glissière, n'est utile que pour corriger une faute commise et facile à éviter.

Outre cette disposition dont il vient d'être question, l'appareil de M. Lippens en a une autre qui ne semble pas produire l'effet qu'il a en vue. Elle se rapporte à l'interruption du courant, et n'est d'ailleurs applicable qu'au cas où le courant fait marcher deux aiguilles à la fois, l'une à la station qui parle, et l'autre à celle qui reçoit. A la page 368 du tome XI précité, il est dit : « il pourrait arriver que les armatures (aimantées) des deux appareils se trouvant dans une position intermédiaire, et n'étant plus sollicitées par une force attractive ou répulsive, l'une d'elles fût envoyée à droite,

tandis que l'autre resterait à gauche. Ainsi l'une des aiguilles avancerait d'une lettre, et leur concordance serait détruite. »

Pour remédier à cet inconvénient, M. Lippens dispose les choses de façon, que le courant peut se rendre dans un petit ressort fixé au dessous des tiges horizontales des palettes, lorsque ces tiges s'abaissent, et achever sa circulation par ces tiges, etc., tandis qu'au contraire il est arrêté lorsque les tiges s'élèvent. Mais les deux palettes aimantées et leurs tiges sont semblables, et chaque tige, ainsi que la palette qui la porte, est solidaire.

Ainsi, si l'une des palettes va à droite, et l'autre à gauche, par rapport à leur position normale, l'une des tiges s'abaisse, tandis que l'autre s'élève, l'une va toucher le ressort placé au dessous d'elle, tandis que l'autre s'éloigne du ressort homologue. Or, le courant ne peut passer que lorsque les deux tiges touchent à la fois, et dans le même instant chacune, le ressort placé près d'elles. Il paraît donc que la disposition ci-dessus ne remédie pas à l'inconvénient qui peut se présenter; en outre elle est inutile dans les circonstances ordinaires ou régulières, les aiguilles marchant d'accord dans ces cas, et elle offre toujours une résistance constante au mouvement des palettes.

Tel est l'ensemble des dispositions de l'appareil de M. Lippens; il n'emploie pas de mouvement d'horlogerie dans le récepteur de son appareil, comme on le fait en France, même sur de très-petites lignes : cependant l'expérience prouve que ce mouvement ne se dérange que très rarement et qu'il permet l'emploi de piles sensiblement plus faibles qu'un appareil semblable qui n'est pas muni de cet organe; les électro-aimants et la palette aimantée sont disposés comme il a été dit ci-dessus.

Le mécanicien de Bruxelles se sert de deux appareils semblables, dont l'un est placé à la station qui donne les signaux, et l'autre à celle qui les reçoit. Le courant fait marcher à la fois les aiguilles des deux appareils; l'une indique les lettres à envoyer, et l'autre les lettres transmises. Ces aiguilles devront toujours être d'accord dans leur marche.

J'avais recommandé cette manière d'opérer dans ma demande de brevet en date du 4 juillet 1851, et dans une de mes notices adressées à l'Académie des Sciences de Bruxelles. Ma manière de voir sur les différents modes de transmettre les signaux est exposée au paragraphe IX.

Le manipulateur de l'appareil de M. Lippens est disposé de

façon qu'il doit faire trois tours et demi, pour que l'aiguille qui indique les lettres sur un cadran horizontal fixe en fasse un seul. Ceci est à mon sens un grand inconvénient. On perd ainsi gratuitement à peu près la moitié de la vitesse de transmission qu'on aurait, si le commutateur changeait dans une révolution la direction du courant autant de fois qu'il y a des signes sur le cadran, c'est-à-dire vingt-huit fois au lieu de huit fois. De plus la manivelle ou son prolongement, qui représente une aiguille et l'aiguille du cadran, indiquerait toujours la même lettre; l'une controlerait en quelque sorte l'autre; l'œil du Télégraphiste suivrait simultanément les deux aiguilles, et l'observation des lettres deviendrait des plus facile.

Le Télégraphiste ne peut recevoir de signe de son correspondant que lorsque son manipulateur occupe l'une ou l'autre de quatre positions différentes; il conviendrait qu'il pût recevoir après chaque lettre transmise, ou du moins après deux lettres transmises.

L'appareil de M. Lippens réunit des sonneries, des interrupteurs, une boussole et en général tout ce qui peut rendre le service complet. Toutes ces dispositions sont exposées en détail par M. Vinchent, dans le tome XI ci-dessus indiqué.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

CHANDELON, *Recherches sur la composition de la Poudre à tirer.* 1

MARTYNOWSKI, *Mémoire sur la résolution des Équations numériques* (suite). 20

DE CUYPER, *Note sur le régime des rivières et sur les travaux exécutés pour empêcher leurs débordements.* 65

NOEL, *Notes sur l'abaissement de certaines équations du second degré.* 94

DE KONINCK, *Notice sur le genre* Davidsonia. 129

— *Notice sur le genre* Hypodema. 140

GLOESENER, *Recherches sur la Télégraphie électrique.* 145

STEICHEN, *Mémoire sur l'équilibre physique des Machines.* 260

CHAPUIS et CANDÈZE, *Catalogue des Larves de Coléoptères connues jusqu'à ce jour, avec la description de plusieurs espèces nouvelles.* 341

GLOESENER, *Notes additionnelles aux Recherches sur la Télégraphie électrique.* 654